

Kalle Toroska

## **Tieajon polttoaineenkulutus kasvinviljelytilalla**

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Elintarvike ja maatalous, Ilmajoki

Maaseudun kehittämisen koulutusohjelma

**SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU**



## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike ja maatalous, Ilmajoki

Koulutusohjelma: Maaseudun kehittämisen koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto:

Tekijä: Kalle Toroska

Työn nimi: Tieajon polttoaineenkulutus kasvinviljelytilalla

Ohjaaja: Jussi Esala

Vuosi: 2014

Sivumäärä: 67

Liitteiden lukumäärä: -

---

Kasvinviljely kuluttaa energiaa eri muodoissa. Energiankulutuksen selvittäminen ja energiankulutustietouden lisääminen antaa työkaluja energiatalouden tehostamiseksi. Kasvinviljelyssä kuluu runsaasti fossiilista energiaa, josta valtaosa on suoraa polttoaineenkulutusta. Opinnäytetyöni aiheena oli kasvinviljelytilan tuotantoprosessin tieajosta aiheutuva polttoaineenkulutus. Tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon tieajossa kuluu polttoainetta, ja mikä on sen osuus koko kasvinviljelyn tuotantoprosessista. Tutkimusaineisto kerättiin viideltä kohteeksi valitulta kasvinviljelytilalta paikan päällä tehdyillä haastatteluilla.

Tieajon polttoaineenkulutus riippuu monesta eri tekijästä. Siihen vaikuttaa tilusrakenne, tuotantosuunta, koneketju, koneiden kunto, ajotapa sekä ulkoiset olosuhteet kuten ulkolämpötila ja teiden kunto.

Tutkimuksen mukaan tiekulutus voi olla merkittävä, kun verrataan sen osuutta koko tuotantoprosessin polttoaineenkulutukseen. Tiekulutus riippuu suuresti tilusrakenteesta, ja epäedullisen tilusrakenteen omaavalla tilalla sen osuus voi olla kymmenkertainen verrattuna edullisemman tilusrakenteen omaaviin tiloihin. Tutkimuksessa tilakokoon suhteutettuna suurin tiekulutus oli 11,7 l/ha ja pienin 3,3 l/ha. Kuljettajan ajotavalla on myös suuri merkitys. Taloudellisella ajotavalla säästetään polttoainetta, mutta vastaavasti ajoaika voi kasvaa, ja tällä saattaa olla merkitystä kevään ja syksyn työhuippuina.

Avainsanat: tieajo, polttoaineenkulutus, kasvinviljely, energia

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: Ilmajoki, School of Food and Agriculture

Degree programme: Master's Degree Programme in Development of Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation:

Author/s: Kalle Toroska

Title of thesis: Fuel consumption for crop farm's road transportation

Supervisor(s): Jussi Esala

Year: 2014

Number of pages: 67

Number of appendices: -

---

Crop farming consumes energy in different forms. Finding out and clarifying energy consumption and adding knowledge about it, helps to understand and find ways to increase energy efficiency. Crop farming consumes a lot of fossil energy, mostly in direct fuel consumption for field work and transportation. The aim of this study was to find out what the real fuel consumption is for crop farm's transportation and what percentage of the whole crop production process it was. The research material was collected from five different sized Finnish crop production farms through interviews.

Fuel consumption for the crop farm's road transportation depends on different factors. They are: the farm's structure, type of production, the machine's condition, driving style, and external conditions like, for example, on the outside temperature and road conditions.

This thesis suggests that the fuel consumption for road transportation might be a significant part of the fuel consumption the whole crop production process. That said, it varies widely depending of the farm's structure, and in some cases could be tenfold higher on a farm with an unfavourable farm structure when compared to some other farms. Driving style can make a big difference in all cases. Economic driving, while it saves fuel, leads to a longer time on the road which could be a problem in the busy seasons.

Keywords: road transport, fuel consumption, crop farming, energy

## SISÄLLYS

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
1 JOHDANTO .....	6
1.1 Tutkimuksen tausta .....	6
1.2 Tutkimuksen tavoitteet .....	6
1.3 Energia-akatemia .....	7
2 KASVITUOTANNON ENERGIA.....	9
2.1 Suora- ja epäsuora energia.....	9
2.2 Kasvinviljelytilan suoran energian käyttö.....	10
2.3 Polttoaineenkulutuksen teknologia.....	12
2.3.1 Moottori .....	12
2.3.2 Voimansiirto ja vaihteisto .....	15
2.3.3 Vierintävastus .....	17
2.3.4 Ajotapa.....	18
2.4 Polttoaineenkulutus kasvinviljelytilalla.....	21
2.4.1 Peltotyöt.....	21
2.4.2 Viljankuivaus .....	23
2.5 Kasvinviljelytilan tieajon polttoaineenkulutus.....	24
2.5.1 Traktori.....	24
2.5.2 Leikkuupuimuri.....	26
3 TIEAJO KASVINVILJELYTILALLA.....	27
3.1 Tilusrakenne .....	27
3.2 Töiden organisointi ja tieajo .....	28
4 TIEAJON POLTTOAINEENKULUTUKSEN TUTKIMUS.....	29
4.1 Tutkimusaineisto .....	29
4.2 Tutkimusmenetelmä.....	29
4.3 Tutkimustilat .....	32
4.3.1 Tila 1 (16 ha).....	33
4.3.2 Tila 2 (21 ha).....	34
4.3.3 Tila 3 (58 ha).....	35
4.3.4 Tila 4 (195 ha).....	36

4.3.5 Tila 5 (430 ha).....	38
4.4 Tulokset .....	39
4.4.1 Tila 1 (16 ha).....	40
4.4.2 Tila 2 (21 ha).....	42
4.4.3 Tila 3 (58 ha).....	44
4.4.4 Tila 4 (195 ha).....	46
4.4.5 Tila 5 (430 ha).....	48
4.5 Tiekulutuksen alentamiskeinot .....	51
4.5.1 Muutokset tilusrakenteessa.....	51
4.5.2 Muutokset viljelytavassa .....	52
4.5.3 Rengaspaineet ja kujetuskalusto .....	55
4.5.4 Ajotapa ja vaihteisto.....	58
5 YHTEENVETO.....	60
5.1 Tulosten yhteenveto.....	60
5.2 Luotettavuuden arviointi .....	61
5.3 Johtopäätökset.....	62
LÄHTEET .....	64

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Maataloudessa etsitään keinoja kannattavuuden parantamiseksi. Suomessa maataloustuotteiden hinta on pitkälti kauppaportaan määrittelemä, ja viljelijän mahdollisuudet vaikuttaa tuotteen hintaan ovat rajalliset. EU:in liittymisen myötä entistä merkittävämpi osa viljelijän tilipussista tulee erilaisten suorien ja kansallisten tukien kautta. Tukia on viime vuosina irrotettu tuotannosta, ja tämä taas kaventaa viljelijän vaikutusmahdollisuuksia entisestään, koska kasvinviljelyssä hehtaarikohtainen tuki ei merkittävästi vaihtelee eri peltokasvien välillä. Jäljelle jää tehokkuuden parantaminen, eli käytännössä kustannussäästöjen etsiminen tuotannon eri vaiheissa. Kasvinviljely kuluttaa runsaasti energiaa, ja energiatehokkuuden kasvattaminen onkin yksi keino taloudellisen kannattavuuden parantamiseksi, esimerkiksi polttoainesäästöjen avulla.

Merkittävä osa kasvinviljelyprosessissa käytettävästä energiasta on suoraa polttoaineenkulutusta, joka taas voidaan jakaa työkoneiden käyttöenergiaan ja viljan-kuivaukseen. Opinnäytetyössäni käydään läpi kasvinviljelytilojen energiankulutuksen muodostuminen huomioiden myös epäsuora energia, keskittyen kuitenkin suoraan polttoaineenkulutukseen ja sen teknologiaan. Varsinaisessa tutkimuksessa pyrin selvittämään ja eriyttämään kasvinviljelytilalla tieajoon kuluva polttoaineen osuuden, ja arvioimaan sen merkittävyyttä koko tuotannossa.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää maatalouskoneiden käytössä tapahtuvaa polttoaineenkulutusta, keskittyen tiekulutuksen osuuteen. Tutkimuksen pääkysymyksenä on selvittää, kuinka iso tiekulutuksen osuus on tavanomaisen viljanviljelytilan polttoaineenkulutuksesta, sekä selvittää maatalousteknologisten ja tilussuh-teista johtuvien seikkojen vaikutus tiekulutukseen.

Tieajon polttoaineenkulutuksen osuutta kasvinviljelyssä ei ole merkittävässä määrin Suomessa tutkittu. Aikaisemmat tutkimukset saattavat sivuta asiaa, mutta eivät ota tiekulutusta tutkimuksen lähtökohdaksi. Sen sijaan aikaisempaa tutkimustietoa löytyy jonkin verran pellolla tehtävien työvaiheiden polttoaineenkulutuksesta, ja kasvinviljelyssä käytettävän kokonaisenergian jakautumisesta. Näissä tutkimuksissa on ajoittain sivuttu myös tieajon polttoaineenkulutusta.

Sen lisäksi, että tutkimuksella selvitetään tieajon polttoaineenkulutuksen osuus tutkimustilojen kokonaiskulutuksesta, halutaan myös etsiä keinoja joilla kullakin tilalla voidaan tiekulutuksessa saavuttaa mahdollisimman suuret säästöt. Säästökohteet pyritään esittämään vaihtoehtoisten toimintatapojen avulla, esimerkiksi viljelyetäisyyksien lyhentäminen tilusrakenteita muuttamalla, sadon siirto traktori ja perävaunu vs. kuorma-auto, tieajo moottorin eri kierrosalueita käyttämällä, tieajo erilaisilla rengaspaineilla, viljelytapojen muuttaminen (esim. suorakylvö) jne. Yhtenä tärkeimpänä tutkimuskohteena voidaan pitää sitä, tarvitaanko tiekulutuksen vähentämiseen aina (merkittäviä) investointeja, vai onko löydettävissä ns. helppoja jokaisen tilan toteutettavissa olevia säästötoimenpiteitä.

### **1.3 Energia-akatemia**

Energia-akatemia on Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitoksen, Seinäjoen ammattikorkeakoulun Elintarvike ja maatalousyksikön sekä Jyväskylän ammattikorkeakoulun teknologiayksikön käynnistämä hanke. Hankkeessa tuotetaan tietoa maatalouden energiankäytöstä ja kehitetään ratkaisumalleja energiatehokkuuden parantamiseksi. Hankkeessa huomioidaan myös fossiilisen energian saatavuuden heikkeneminen ja tuotetaan tietoa ja ratkaisuja myös uusiutuvien energioiden tehokkaampaa käyttöä ja käyttöön ottoa varten. (Energia-akatemia 2009).

Hankkeen tavoitteena on tuottaa kattava maatalouden energiainformaatioaineisto ja saavuttaa tulokset, joiden avulla viljelijät voivat ryhtyä energiansäästötoimenpiteisiin ja investointeihin. Energiatehokkuuden parantamisella saavutettujen kustannussäästöjen lisäksi myös maatalouden päästöt vähenevät. Viljelijöiden lisäksi hankkeen tuloksista hyötyvät päätöksentekijät, sekä maatalouskoneteollisuus, jon-

ka hanke parhaassa tapauksessa ohjaa tuottamaan energiatehokkaita koneita sekä uusiutuvan energian käyttöä hyödyntäviä ratkaisuja. Hanke hyödyttää myös oppilaitoksia tuottamalla koulutukseen monipuolista perusmateriaalia. Yhteiskunnalliselta kannalta hanke varmistaa valtakunnan ruuan tuotannon omavaraisuutta vähentämällä riippuvuutta fossiilisesta energiasta, sekä arvioimalla ilmastonmuutoksen aiheuttamia muutostarpeita maatalouden tuotantoprosesseihin. (Energiaakatemia 2009).



## 2 KASVITUOTANNON ENERGIA

### 2.1 Suora- ja epäsuora energia

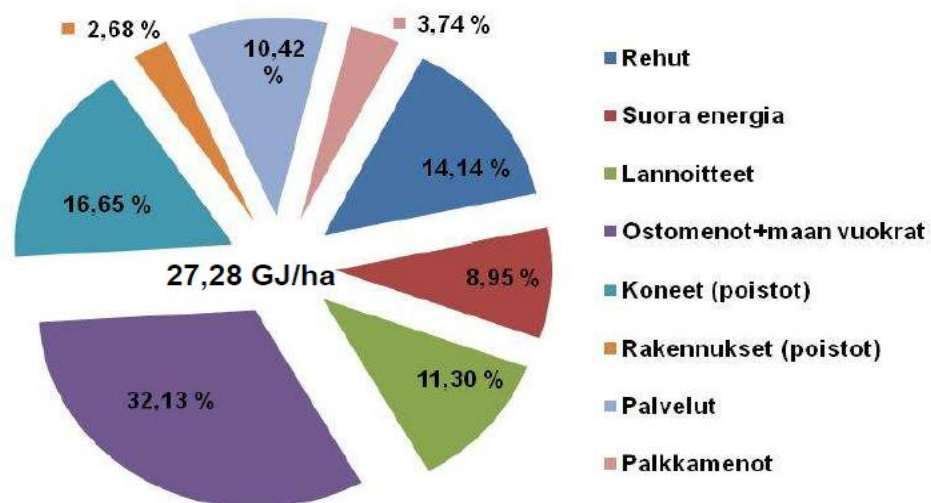
Kasvinviljelyssä kuluu sekä suoraa että epäsuoraa energiaa. Suoralla energialla tarkoitetaan tilan tuotantoprosessiin suoraan kuluvia energianlähteitä joita ovat esimerkiksi öljy ja sähkö. Kasvituotannossa työkoneiden käyttö ja viljan kuivaus kattavat suurimman osuuden suorasta energiankulutuksesta. (Ahokas & Mikkola 2011.)

Epäsuora energia on tuotantopanoksiin ja työvälineisiin valmistusvaiheessa sitoutunutta energiaa. Epäsuoralla energialla tarkoitetaan käytännössä kaikkea sitä energian käyttöä, joka tapahtuu tilan ulkopuolella, mutta on kohdistettavissa tilaan. Epäsuoran energian käyttöä on myös koneiden valmistukseen ja huoltotoimenpiteisiin kulutettu energia. Suurin osa maatalouden epäsuorasta energiasta liittyy maatalouden kemikaaleihin ja tästä suurimman osan vie typpilannoitteiden valmistus. Muita kemikaaleja ovat mm. torjunta-aineet ja kalkki. (Ahokas & Mikkola 2011). Mikkola ja Ahokas (2009) vetävät yhteen useiden tutkimusten tuloksia ja toteavat typpilannoitteiden valmistamisessa kuluvan energiaa 49,2 Mj/kg ja fosforilannoitteen valmistamisessa 15,5 Mj/kg. Eniten energiaa kuluu torjunta-aineiden valmistamiseen (273,6 Mj/kg), mutta torjunta-aineiden käyttömäärät ovat hyvin pieniä lannoitteiden käytön rinnalla. Maatalouden energian kokonaiskäytössä epäsuoran energian osuus on huomattavasti suoraa energian käyttöä suurempi. (Kuvio 1).

Maatalouskoneiden valmistamisessa energiaa kuluu materiaaleihin ja valmistusprosessiin. Fluck ja Stout (1992, 120) toteavat, että traktorin valmistamiseen käytetty energiamäärä on samaa luokkaa MacLeanin ja Laven (1998) arvioiman auton valmistamiseen tarvittavan energiamäärän (86,6 Mj/kg) kanssa. Maatalouskoneiden korjaus- ja huoltoenergian osuus on merkittävä, kun huomioidaan huolto- ja korjauskulut maatalouskoneen koko elinkaaren ajalta.

Fluck (1985, 119) esittää mallissaan, että korjaus- ja huoltoenergian osuus olisi 55 % valmistusenergiasta. Traktoreilla ja muilla itse kulkevilla työkoneilla (esim. puimuri) valmistus- ja huoltoenergia voidaan laskea myös polttoaineenkulutuksen mukaan, jolloin sen osuus olisi n. 20 - 30 % polttoaineenkulutuksesta. (Ahokas 2011b, 19 - 20).

Koska epäsuora energia käytetään maatilan ulkopuolella mm. kemikaalien ja koneiden valmistuksessa, tarkoittaa se sitä että epäsuoraan energiankulutukseen kohdistuva säästö tapahtuu teollisuudessa. Suoraan energiankulutukseen kohdistuva säästö taas vaikuttaa maatilan sisäiseen energiankulutukseen, koska suorat energianlähteet kuten kevyt polttoöljy hyödynnetään vasta tilalla. (Ahokas 2013, 14).

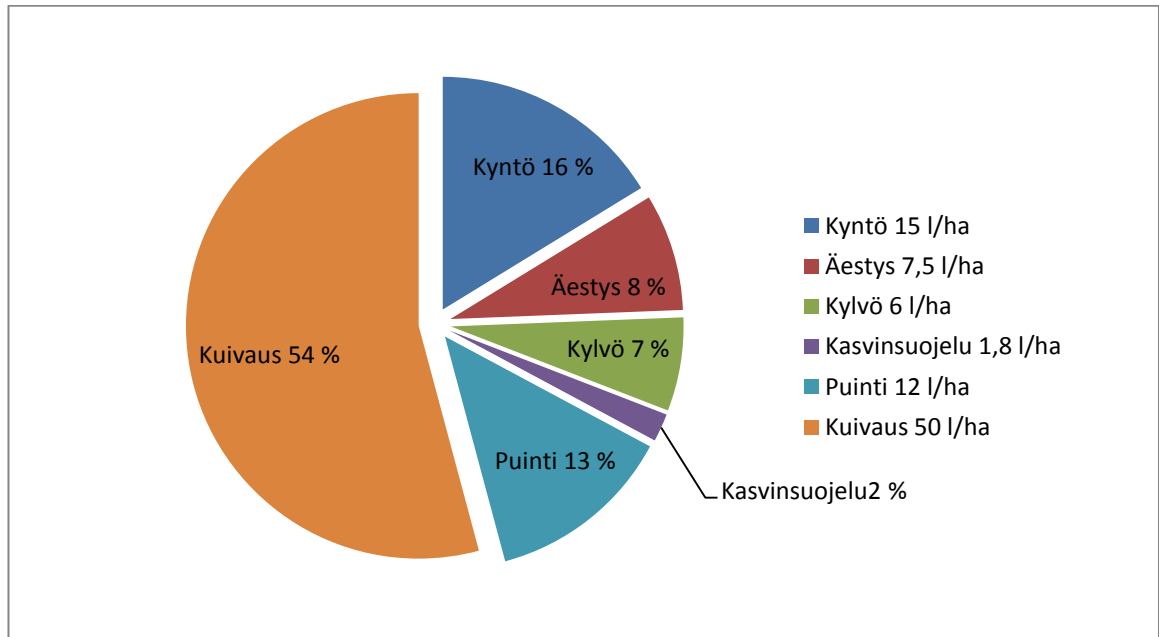


Kuvio 1. Suomen maatalouden energiankulutuksen jakautuminen (Schäfer 2011).

## 2.2 Kasvinviljelytilan suoran energian käyttö

Kasvintuotannon suorasta energiasta suurin osa koostuu työkoneisiin ja viljan kuivaukseen kuluvaan energiasta. Energiaa tarvitaan pellolla tehtäviin työvaiheisiin kuten muokkaukseen, kylvöön, kasvinsuojeluun, sadonkorjuuseen, sadon siirtoon pellolta tilalle ja myyntiin sekä viljan kuivaukseen. Kuivauksen

energiankulutus on suuresti säästä riippuvainen, ja niinpä märkinä syksyinä kuivausenergiaa voi kulua lähes yhtä paljon kuin energiaa työkoneisiin yhteensä (Ahokas & Mikkola 2011). Kuviossa 2. on esimerkki ohrantuotannon polttoaineenkulutuksesta työvaiheittain. Kuljetustyön osuutta ei ole sisällytetty kuvioon koska sen osuus koko tuotannon öljynkulutuksesta vaihtelee tiloittain erittäin paljon, ja sitä pitäisikin tarkastella aina tapauskohtaisesti.



Kuvio 2. Esimerkki ohrantuotannon polttoaineenkulutuksen jakaumasta (Ahokas 2013)

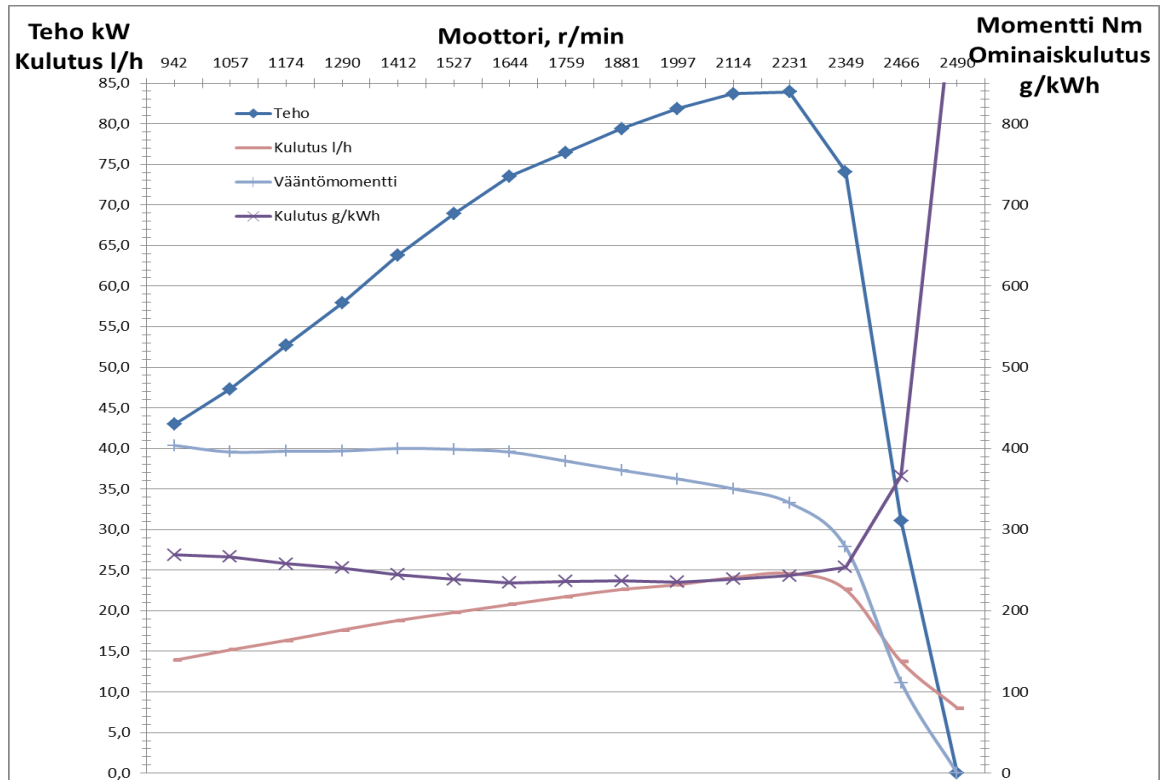
Polttoöljyn lisäksi kasvinviljelyssä kuluu sähköä rakennusten lämmitykseen ja valaisuun, erilaisten työvälineiden käyttöön sekä viljankuivaukseen. Uusiutuvaa energiaa käytetään lämmitysenergiaksi polttopuun ja hakkeen muodossa. Suoran energian jakautuminen riippuu tilan koosta ja viljeltävistä kasveista.

## 2.3 Polttoaineenkulutuksen teknologia

### 2.3.1 Moottori

Traktorien ja leikkuupuimureiden moottorit ovat poikkeuksetta suoraruiskutteisia dieselmoottoreita ja nykyaikaisimmat yhteispaineruiskutuksella toteutettuja. Työn luonteesta johtuen moottoreilta vaaditaan yleensä hyvää sitkeyttä. Kuviossa 3 on esimerkki traktorimoottorin suoritusarvoista (John Deere 6506). Kuviossa on esitetty tehokäyrä (kW), kulutuskäyrä (l/h) vääntömomenttikäyrä (Nm) sekä ominaiskulutuskäyrä (g/kWh) ja vaaka-akselilla moottorin kierrosnopeus (r/min). Kuvasta nähdään, että moottorin suurin teho saavutetaan n. 2200 rpm kierrosnopeudella ja suurin vääntö kierrosten ollessa 1000 – 1600 rpm/min. Suurin vääntömomentti on käytössä suhteellisen laajalla kierrosalueella.

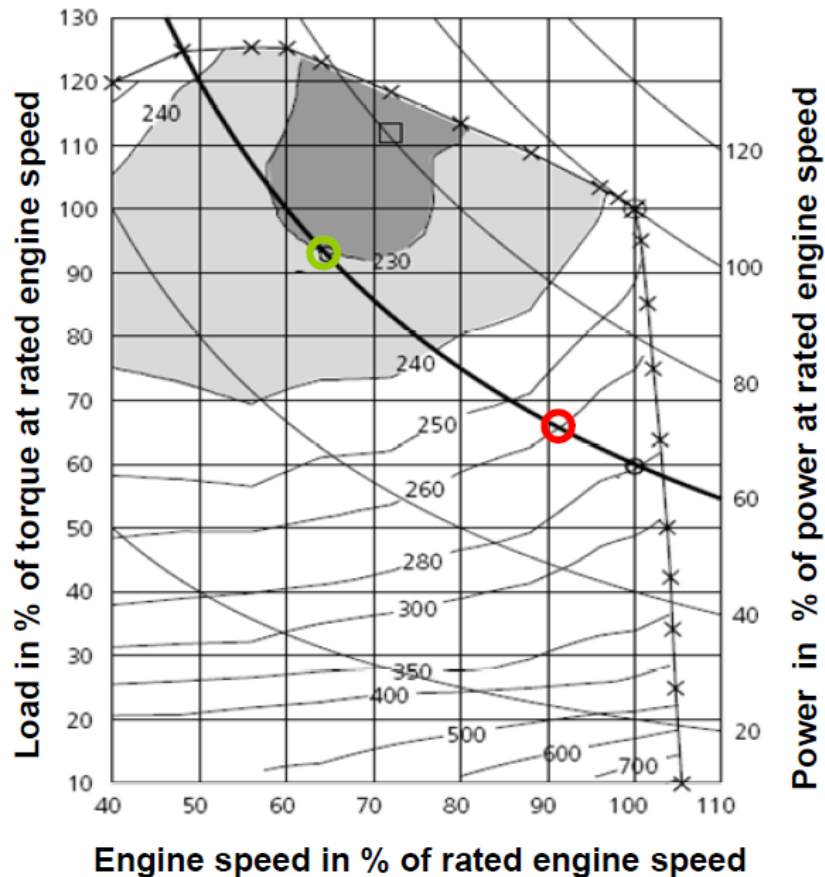
Ominaiskulutus tarkoittaa sitä, kuinka paljon yhden kilowattitunnin (kWh) työn tekemiseen tarvitaan polttoainetta. Kulutus ilmaistaan usein muodossa g/kWh, esimerkiksi jos traktori kuluttaa 250 g/kWh, se tarkoittaa että 250 grammalla diesel-polttoainetta tuotetaan yhden kilowatin teho tunnin ajan (Ahokas ja Mikkola 2013).



Kuvio 3. Traktorimoottorin suoritusarvot (Esala 2012)

Moottorin ominaiskulutus vaihtelee moottorin kuormitusasteen mukaan moottoritekniikasta johtuvien seikkojen perusteella. Näihin teknisiin seikkoihin käyttäjä ei voi vaikuttaa, mutta hän voi useissa traktorin käyttötilanteissa säätää moottorin kuormittumista ja vaikuttaa sillä ominaiskulutuksen tasoon ja siten työkohtaiseen polttoaineenkulutukseen.

Edellä mainittujen seikkojen pohjalta voidaan lähteä pohtimaan moottorin ja voimansiirron vaikutusta itse polttoaineenkulutukseen. Moottorin hyötysuhdetta kuvaava "simpukkakäyrästä" (kuvio 4) ilmaisee moottorin hyötysuhteen erilaisilla kuormitusasteilla (Handler ja Nadlinger 2013). Pystyakselilla on moottorin vääntömomentti % nimellistehon momentista sekä moottorin teho % nimellistehosta ja vaakakselilla moottorin kierrosluku % moottorin nimelliskierrosluvusta. Kuviossa moottorin ominaiskulutus eri kuormitusasteilla vaihtelee 230 - 700 g/kWh. Kuvion mukaan pienin kulutus (n. 230 g/kWh, tummin alue) saavutetaan kun moottorin nopeus on 60 - 80 % nimellisa nopeudesta ja tehon käyttö 60 - 90 % nimellistehosta.



Kuvio 4. Esimerkki simpukkakäyrästä (Handler ja Nadlinger 2013)

Moottorin ominaiskulutuksella, eli käytännössä hyötysuhteella, on siis polttoainetalouteen suuri merkitys. Hyötysuhteen voi laskea ominaiskulutuksesta esimerkiksi käyttämällä Ahokkaan (2013b) johtamaa kaavaa.

$$n = \frac{83,7}{b} * 100$$

n = Hyötysuhde

b = Moottorin ominaiskulutus (g/kWh)

Esimerkiksi moottoriteholtaan 100 kW:n traktori, jonka moottorin ominaiskulutus on 230 g/kWh, saavuttaa 36 % hyötysuhteen. Traktoreissa ja leikkuupuimureissa yleisesti käytettävien suoraruiskutusdieselmoottorien hyötysuhde on 30 - 40 %. (Ahokas & Mikkola 2013). Paras hyötysuhde saavutetaan yleensä 60 - 80 % välillä maksimitehosta ja 60 -70 % maksimikiertosnopeudesta (Handler & Nadlinger

2013). Tässä on kuitenkin huomioitava moottorikohtainen vaihtelu. Serranon ym. (2006) lautasäestyksen polttoaineenkulutusta tutkineessa kokeessa alhaisimmat kulutukset saavutettiin, kun kierrosnopeus oli noin 70 - 80 % maksimikierrosnopeudesta.

### 2.3.2 Voimansiirto ja vaihteisto

Voimansiirtolaitteisto alkaa moottorilta ja päättyy napa-akselille, ja se muuntaa ja välittää moottorilta tulevan momentin (väännön) ja pyörimisnopeuden pyörille käytökelpoiselle tasolle.

Traktorin polttoainetalouden kannalta oleellista on voimansiirron hyötysuhde. Voimansiirron hammaspyöräpari kuluttaa kitkahäviöiden vuoksi tehoa n. 1,0 % ja laakeri n. 0,5 % (Blumenthal 1971). Lisäksi tehoa kuluu öljyn ”vatkaamiseen” ja pumppaamiseen (Esala 1981).

Ajonopeus ja vetotehon tarve vaihtelevat paljon maataloustöissä. Tieajossa tarvitaan suuria nopeuksia, kun taas peltotyössä tärkein kyky on pystyä vetämään raskaita kuormia alhaisilla nopeuksilla. Teinilä (2009) puhuu niin sanotusta peltotyöalueesta, joka on 5 - 15 km/h. Tieajossa useimpien traktorien huippunopeus on 40 km/h, mutta monet nykyaikaiset traktorit on välitetty 50 km/h nopeuden saavuttaviksi.

Traktoreilta vaaditaan siis ensisijaisesti kykyä vetää raskaita kuormia hitailla nopeuksilla, mutta toisaalta myös soveltuvuutta tieajoon. Koska vetotehon tarve hitailla nopeuksilla on suuri, traktoreiden vaihteistot poikkeavat esimerkiksi kuorma-autojen vastaavista. Kuorma-autojen nopeudet ovat huomattavasti suurempia (80 km/h), jolloin vaihteiden vaihtamisessa voidaan hyödyntää liike-energiaa toisin kuin traktorilla tehtävissä suurta vääntömomenttia vaativissa hitaissa peltotöissä. Traktorin vaihteistossa onkin oltava useita välityssuhteita, jotta työ voidaan tehdä moottorin maksimitehon ja maksimiväännön alueella. Vaihteiden lukumäärää tärkeämpää on kuitenkin vaihteiden sopivuus erilaisiin töihin. (Teinilä 2009). Teinilä

(2009) huomauttaa myös, että huonoa moottoria ei korvata hyvällä vaihteistolla, mutta hyvän moottorin ominaisuudet voidaan hukata huonossa vaihteistossa.

Vaihteistolla ja moottorin ominaisuuksilla, erityisesti vääntömomentin nousuominaisuuksilla, on merkitystä siihen miten hyvin kuljettaja voi asettaa moottorin toimimaan parhaan hyötysuhteen alueella erilaisissa ajotilanteissa. Epätaloudellisinta ajo on pienellä vaihteella kaasua pohjassa. Kun vaihdetaan isommalle vaihteelle ja annetaan kierrosten pudota nopeuden pysyessä samana, polttoainetta kuluu vähemmän (Ahokas ja Mikkola 2013). Nykyaikaisissa traktoreissa olevat vaihdeautomaatit tai portaaton vaihteisto huolehtivat tästä käyttäjän puolesta. Synkronoidut täys- tai puolipowershift vaihteistot helpottavat vaihteiden vaihtamista traktorin liikkuessa, ja käytännössä vaihdetta voidaan vaihtaa täysin vedon katkeamatta. Täyspowershift vaihteistossa ei ole ollenkaan ajokytkintä, ja kaikki vaihteet ovat sähköhydraulisesti valittavissa. Puolipowershift-vaihteistossa on sekä käsivalintaisia että ilman kytkintä vaihdettavia välityksiä. (Teinilä 2009).

Portaattomat vaihteistot ovat yleistyneet viime vuosina. Portaaton tarkoittaa käytännössä sitä, että välityksiä on käytettävissä rajaton määrä eri nopeusalueilla (Teinilä 2009). Portaattonta vaihteistoa käytettäessä kuljettaja ikään kuin pyytää tietyn ajonopeuden, jonka jälkeen kone huolehtii oikeasta kierrosluvusta ja välityksestä (Valtra 2013).

Portaattomassa vaihteistossa moottorilta lähtevä momentti jakaantuu yleensä planeettapyörästä jakamana mekaaniseen ja hydrostaattiseen linjaan. Vetotilanteessa mekaaninen ja hydrostaattinen osuus vaihtelevat nopeuden muuttuessa kullekin vaihteistolle ominaisella tavalla. Portaattomien vaihteistojen toteutukset vaihtelevat hieman eri merkeillä. Joillakin merkeillä hydraulinen osuus voi pienillä nopeuksilla olla lähellä 100 %, kun taas toisilla mekaaninen osuus on aina vähintään 50 - 70 %. Suuri mekaaninen osuus parantaa yleensä hyötysuhdetta. Jos halutaan, että mekaanisen voimavälityksen osuus on korkea koko nopeusalueella, tarvitaan vaihteistoon useita mekaanisia portaita. (Esala 1981).



### 2.3.3 Vierintävastus

Traktorin ja leikkuupuimurin omaan kulkemiseen kuluu vierimisvastusvoimista johtuen usein huomattava määrä polttoainetta varsinaisen työkulutuksen ohella. Vierintävastuksella tarkoitetaan ajoneuvolla ajettaessa maaperän vastustuksesta syntyvää liikettä vastustavaa voimaa. Vierintävastusta aiheuttavat myös renkaiden sisäinen kitka sekä renkaan edellään työntämän maan aiheuttama puskuvastus (esimerkiksi maan muokkauksessa) sekä kulku-uran syntymisestä johtuva ”vastamäktivastus”. Tärkeimpiä vierintävastukseen vaikuttavia tekijöitä ovat renkaan tyyppi, rengaspaine, renkaan koko, muoto ja kuvio, tienpinnan tyyppi, nopeus sekä ajoneuvon paino. Vedettäessä perävaunua tai hinattavaa työkonetta myös vedettävän laitteen pyörien vierintävastus vaikuttaa polttoaineenkulutukseen pyörillä olevan massan ja renkaiden ominaisuuksien mukaisesti.

Maataloustöissä käytettävät traktorinrenkaat ovat useimmiten vyörenkaita, ja työkonneissakin käytettävät ristikudosrenkaat ovat vaihtumassa vyörenkaiksi. Vyörengasta käytettäessä luisto on pienempi ja vierimisvastus alhaisempi kuin vastavankokoisella ristikudosrenkaalla (Ahokas 2012b). Kuitenkin renkaan tyyppiä enemmän vierintävastukseen vaikuttaa rengaspaine. Maataloudessa rengaspaineet suositellaan pidettävän alhaisena, jolloin pellon pinta säilyy ehjänä ja renkaan pito on parempi. Traktorin renkaiden paineet voivat olla peltoajossa jopa alle 1 bar, kun taas maantieajossa olisi taloudellisinta käyttää yli 1,5 bar tasolla olevia maksimipaineita vierintävastuksen pienentämiseksi. Rengaspaine vaikuttaa suoraan polttoaineenkulutukseen. Esimerkiksi Udompetäikulin ym. (2009) testissä tasaisella asfalttitiellä rengaspaineiden nosto 0,62 barista 1,1 bariin pienensi polttoaineenkulutusta 6,5 %, ja 0,62 barista 1,59 bariin 10,9 %. Ylämäkivoittoisella reitillä ero on ollut pienempi mutta silti 8,42 % nostettaessa rengaspaine 0,62 barista 1,59 bariin.

Vedettäessä perävaunua tai hinattavaa työlaitetta, myös näiden rengaspaineilla on merkitystä polttoaineenkulutukseen. Volkin ym. (2004) mukaan neliakselisella lievevaunulla 1 bar rengaspaine pellolla pienentää vetotehon tarvetta 19 % verrattuna 4 bar maantiepaineeseen. Tämä tarkoittaa alemman polttoaineenkulutuksen lisäksi pienempää painauma pelton pintaan. Tulos on käännettävissä myös toisinpäin,

kovempi rengaspaine maantiellä ajettaessa pienentää vetotehon tarvetta ja näin ollen pienentää polttoaineenkulutusta tieajossa verrattuna pehmeämpään renkaaseen.

Testien tulokset vahvistavat näkemystä, jonka mukaan polttoainetalouden kannalta optimaalinen rengaspaine ei ole sama pellolla ja tieajossa. Rengaspainetta olisi muutettava tieltä pellolle ja pellolta tielle siirryttäessä, jos vierintävastuksesta aiheutuva polttoaineenkulutus halutaan minimoida. On olemassa järjestelmiä, joiden avulla rengaspaineita voidaan muuttaa kesken työn. Halvimmat manuaaliset järjestelmät lähtevät n. 150 € hintatasosta, ja vaativat aina pysähdyksen, kun rengaspaineita halutaan muuttaa. Kehittyneet järjestelmät mahdollistavat rengaspaineiden muuttamisen ohjaamosta käsin, mutta usein nämä järjestelmät ovat kuitenkin melko kalliita (alkaen n. 4000 €), ja onkin syytä punnita kompensoiko säästö polttoainekuluissa ja pellon pinnan paremmassa kunnossa pysyminen hankintakustannuksen. (Handler & Nadlinger 2013).

### **2.3.4 Ajotapa**

Kun on selvitetty polttoaineenkulutukseen vaikuttavat tekniset ja mekaaniset seikat, voidaan tarkastella ajotavan vaikutusta kulutukseen. Ajotapa on kuljettajakohmainen, ja siinä voi olla suuriakin eroja eri kuljettajien välillä. Ajotapaa ei voida erottaa polttoaineenkulutukseen vaikuttavista teknisistä ja mekaanisista tekijöistä, koska kuljettaja omalla ajotavallaan vaikuttaa nimenomaan näihin tekijöihin. Jos kuljettaja esimerkiksi päättää ajaa pienellä vaihteella ja suurilla kierroksilla, vaikka sama työteho (tieajossa nopeus) olisi saavutettavissa isommalla vaihteella taloudellisemmin, hän on tehnyt valinnan, joka aiheuttaa korkeamman polttoaineenkulutuksen. Tämä valinta voi olla joko tietoinen tai tiedostamaton; kuljettajalla ei välttämättä ole tietoa taloudellisimmasta ajotavasta, ja hän on saattanut tottua ajamaan epätaloudellisesti. Tekniikka saattaa auttaa kuljettajaa ajamaan mahdollisimman taloudellisesti. Esimerkiksi portaattomalla vaihteistolla varustettu traktori pyrkii hakeutumaan optimaalisimmalle kulutusalueelle, jolloin kuljettajan ajotavalla ei ole niin suurta merkitystä polttoaineenkulutukseen. (Ahokas 2012b).

Ilman portaatonta vaihteistoa manuaalisella kierrosluvun alentamisella voidaan yleensä pienentää polttoaineenkulutusta. Suuremmalle vaihteelle vaihtaminen ja kierrosluvun alentaminen 20 % säästää polttoainetta arviolta 15 - 30 %. Kevyillä kuormilla kierroslukua voi pyrkiä alentamaan enemmänkin, jolloin säästö on vielä suurempi. (Koelsch 1977). Uppenkampin (2006) mukaan ajettaessa 80 % kierrosluvulla maksimikierroksista, saavutetaan moottorin kuormitusasteesta (20 - 80 %) riippuen potentiaalinen 8 - 31 % polttoainesäästö verrattuna täysillä kierroksilla ajamiseen. Portaattomalla vaihteistolla säästö voi olla vielä suurempi, 8 - 46 %. Mitä kevyempi kuorma, sitä enemmän kierrosluvun alentaminen vaikuttaa. Alhaisilla nopeuksilla kulutus voi olla jälleen hieman korkeampi, ja moottori ja voimansiirto voivat rasittua tarpeettomasti voitelun puutteellisuuden vuoksi. Tämän vuoksi moottorin ylikuormittaminen isolla vaihteella vedättämällä ei ole järkevää. Reagoimattomuus kaasupolkimen painallukseen on merkinä moottorin ylikuormituksesta (Svejkovsky 2007).

Vaihteiston ja kierrosluvun vaikutus polttoaineenkulutukseen näkyy muun muassa DLG:n (2005) testissä, jossa testattiin John Deere 6820:n polttoaineenkulutusta kahdella eri vaihteistolla. Auto Quad Ecoshift vaihteistolla (alennettu suurimman vaihteen kierrosnopeus) varustettu John Deere 6820 kulutti tasaisella tiellä 18 tonnin kuormaa vedettäessä n. 20 % vähemmän kuin Auto Quad+ (korkeampi suurimman vaihteen kierrosnopeus) vaihteistolla varustettu traktori. Ylämäkeen ajettaessa ero pieneni selvästi, ollen n. 2,5 %. Molemmissa vaihteistotyypeissä on 20 vaihdetta, joiden neljää sähköhydraulisesti ohjattavaa pikavaihdetta vaihdetaan automaattisesti moottorin kierrosnopeudesta riippuen. Auto Quad Ecoshift on käytännössä sama vaihteisto kuin Auto Quad+, mutta alennetulla suurimman vaihteen kierrosnopeudella.

Testissä saavutettu polttoainesäästö vaikuttaa edellä mainittujen seikkojen perusteella johtuvan siitä, että ajettaessa suurinta mahdollista nopeutta tasaisella maantiellä, moottorin kierrosluku on ollut alempi ja näin ollen myös hyötysuhde on ollut parempi. Tätä tukee myös testin ylämäkivoittoinen osuus, jossa suurinta vaihdetta ei ole voitu käyttää (ylämäkivoittaisen osuuden ajonopeus kuorma päällä n. 27 km/h), joten samaa polttoainesäästöä ei ole saavutettu verrattuna Auto Quad+ vaihteistoon.

DLG:n toisessa kokeessa (Uppenkamp 2006) on tutkittu 100 kW tehoisen traktorin moottorin kierrosnopeuden vaikutusta polttoaineenkulutukseen. Kokeessa on ajettu erilaisilla kuormilla ja kierrosnopeuksilla sekä täysillä kierroksilla, ja mitattu kaikista ajoista kulutuslukemat. Tulosten mukaan taloudellisin traktorin dieselmoottorin kierrosalue on 1300 - 1700 rpm/min. Esimerkiksi 60 kW teholla ajettaessa moottori on kuluttanut 16,0 l/h 1300 rpm/min, kun taas täydellä kaasulla kulutus on ollut 19,5 l/h. 80 kW teholla lukemat samoilla kierroksilla ovat olleet 21,1 ja 24 l/h.

Kierrosnopeuden vaikutus polttoaineenkulutukseen selviää myös tarkastelemalla kuviota 4 sivulla 13 (esimerkki simpukkakäyrästä). Kuviosta nähdään, että moottorin ominaiskulutus on pienempi käytettäessä alemmaa kierrosnopeutta ja korkeampaa moottorin kuormitusastetta, ja kasvaa kierrosten noustessa ja tehon pienentyessä. Punaisen täplän kohdalla moottorin nopeus on n. 92 % nimelliskierrosnopeudesta ja tehon käyttö on n. 60 % nimellistehosta, ja moottorin ominaiskulutus n. 260 g/kWh. Tällainen tilanne toteutuu käytännössä, jos ajetaan liian pienellä vaihteella kaasu pohjassa. Käyttämällä mahdollisuuksien mukaan isompaa vaihdetta ja hyödyntämällä moottorin vääntöä, voidaan sama teho saavuttaa alemmalla kierrosnopeudella (vihreä täplä, kuviossa 64 % nimelliskierrosnopeudesta). Tällöin moottorin ominaiskulutus pienenee lukemaan 230 g/kWh ja polttoainesäästöksi muodostuu n. 12 %. (Handler ja Nadlinger 2013).

Ajettavalla reitillä on tiekulutukseen suuri merkitys. Risteys- ja ylämäkivoittoisella reitillä polttoainetta kuluu enemmän kuin tasaisella ja suoralla tiellä (DLG 2005, Bernhardt ym. 2011). Ylämäkeen ajettaessa seuraavat keinot auttavat säästämään polttoainetta: oikea-aikaiset vaihdot, pienempi vaihde vasta vedon rajoilla, vaihteen vaihto vain kun se on välttämätöntä, suuremmalle vaihteelle vaihtaminen heti ylämäen päätyttyä ja mahdollisuuksien mukaan vauhdinotto, jos ennen ylämäkeä on alamäki (Handler & Nadlinger 2013). Autoilusta puhuttaessa käytetään usein termiä ”ennakoiva ajaminen”, ja se sopii hyvin ohjenuoraksi myös ajettaessa traktorilla tieajoa. Jätettäessä turha kiihdyttely ja jarruttelu pois, säästetään polttoainetta.

Taloudellista ajotapaa on helpompi toteuttaa silloin, kun kuljettajan nähtävillä on tieto siitä, kuinka paljon polttoainetta milläkin hetkellä kuluu. Yksinkertaisin mittaus tapa on tankkauskirjanpito, jonka ongelmana on kuitenkin epätarkkuus sekä

lisääntynyt työmäärä (Jokiniemi ym. 2012). Se ei myöskään kerro mitään hetkellisestä kulutuksesta. Uudemmissa traktoreissa voi olla näyttö joka näyttää polttoaineenkulutuksen muodossa l/h tai l/ha. Näistä jälkimmäinen soveltuu myös hetkellisen kulutuksen seurantaan kuten autojen l/100 km näyttö. Vanhempiin traktoreihin, joissa ei vakiovarusteena ole polttoaineenmittausta, on mahdollista asentaa jälkikäteen joko traktorin polttoainemittarin jännitettä tai polttoaineen virtausta hyödyntävä kulutusmittari. (Ahokas 2013, 27).

## **2.4 Polttoaineenkulutus kasvinviljelytilalla**

### **2.4.1 Peltotyöt**

Peltotyöt kuluttavat merkittävän osan kasvinviljelytilalla kuluva polttoaineesta. Polttoaineenkulutuksen suuruus riippuu työvaiheesta ja käytössä olevasta peltotyökoneesta. Peltotyökoneilla tässä tarkoitetaan kaikkia muita työkoneita kuin traktoreita ja leikkuupuimureita. Polttoaine kuluu kyllä traktorin moottorissa, mutta kulutuksen aiheuttaa pellolla tehtävä työ, kuten esimerkiksi pellon muokkaus. Tyypillisellä kasvinviljelytilalla peltotöissä käytettäviä peltotyökoneita ovat erilaiset muokkaimet, kylvökoneet ja kylvölannoittimet, jyrät, kasvinsuojeluruiskut sekä perävauhut.

Peltotyövaiheista perusmuokkaus kuluttaa tyypillisesti eniten polttoainetta. Mikkolan ja Ahokkaan (2009) laskelmissa kyntö on eniten polttoainetta kuluttava työvaihe (25 l/ha), Esala (2012) puolestaan toteaa että kynnön polttoaineenkulutus voi tutkimusten ja käytännön mittausten mukaan vaihdella välillä 10 - 35 l/ha. Hän viittaa mm. Arvidssonin (2010) kokeisiin, joissa savimaalla 20 cm syvyyteen kynnetäessä polttoaineenkulutus on ollut n. 30 l/ha, ja hiesuisella hienolla hiedalla 15 l/ha. Esalan (2012) omissa mittauksissa 10 l/ha polttoainekulutus voi toteutua kynnetäessä 17 - 19 cm syvyyteen kevyillä kivennäismailla sekä multa- ja turvemailla.

Kynnön rinnalle ja osin sitä korvaavaksi muokkausmenetelmäksi on tullut kevennetty muokkaus. Kevennetty muokkaus tarkoittaa sitä, että maata ei

käännetä kokonaan kuten kynnössä, vaan muokkaussyvyys on pienempi ja kasvijätettä jää yleensä enemmän näkyviin. Kevennettyyn muokkaukseen tarkoitetut laitteet ovat yleensä kultivaattoreita ja lautasäkeitä. Muokkaussyvyys on laitteen tyypistä riippuen noin puolet tai vähemmän tyypillisestä 20 cm kyntösyvyydestä.

Muokattaessa kultivaattorilla polttoaineenkulutus voi olla jäykällä mailla jopa 20 l/ha, mutta tyypillinen kulutus on n. 7 - 10 l/ha, eli selvästi pienempi kuin kynnössä, vaikka ominaisvastus on jopa kolmanneksen kyntöä suurempi (Arvidsson 2010). Lautasäkeen polttoaineenkulutus on samaa luokkaa kultivaattorin kanssa.

Kylvömuokkauksessa eli äestyksessä maa muokataan tasaiseksi kylvöä varten. Tyypillinen kylvömuokkausväline on s-piikkiäes, jonka polttoaineenkulutukseksi on yleisesti arvioitu 4 - 6 l/ha (Esala 2012). Äestyksen polttoaineenkulutukseen vaikuttaa muun muassa muokkaussyvyys ja maalaji. Huonosti muokkautuvat maat voivat vaatia useampia muokkauskertoja, jolloin polttoainetta luonnollisesti kuluu enemmän.

Kylvölannoituksessa polttoaineenkulutus muodostuu siemen- ja lannoitevantaiden ja mahdollisten muokkainten vetovastuksesta sekä renkaiden vierimisvastuksesta. Renkaiden vierimisvastuksen merkitys on suuri, koska kylvölannoittimen massa säiliöt täynnä voi olla jopa 7000 kg. (Esala 2012). Kylvölannoituksen polttoaineenkulutus vaihtelee edellä mainittujen tekijöiden lisäksi myös maalajin mukaan, Arvidssonin (2010) ja Magnussonin (2004) kokeissa kylvölannoituksen polttoaineenkulutus etumuokkaimella varustetulla koneella on ollut 6 - 12 l/ha, ollen jäykällä savimailla korkeampi kuin esimerkiksi savisella hiedalla. Kulutus voi olla tätä alemmikin. Esala (2012) on laskenut Arvidssonin ja Erikssonin (2010) aineistosta, että laahavantailla ja ilman etumuokkainta varustettu takapyöräkylvölannoitin olisi kuluttanut vain 4 l/ha.

Suorakylvössä siemen kylvetään suoraan edellisen kasvuston sänkeen, jolloin perusmuokkaus ja kylvömuokkaus voidaan jättää pois. Arvidssonin (2010) kokeissa suorakylvön polttoaineenkulutus on ollut savimaalla n. 9 l/ha ja hiesulla n.

7 l/ha. Yleisesti ottaen suorakylvöä käytettäessä säästetään polttoainetta, koska osa perinteisen viljelyn työvaiheista jää pois.

Kasvinsuojeluruiskutuksista aiheutuva polttoaineenkulutus ei ole kovin merkittävä. Ruiskutuskertoja kevätiljoille tulee tyypillisesti kaksi kasvukauden aikana. Kasvinsuojeluruiskutuksissa vetovastus on pieni (hinattavat ruiskut) tai sitä ei ole ollenkaan (nostolaitekiinnitteiset ruiskut), ja pumpun käyttämiseksi tarvittava teho ja vastaava kulutus tuskin erottuvat traktorin omasta kulutuksesta. Polttoaineenkulutus eri tutkimusten mukaan onkin melko alhainen, vaihdellen välillä 0,5 l/ha – 2 l/ha. Ahokas (2011b) arvioi kulutuksen keskiarvoksi 1,8 l/ha. Alhaisen kuormittavuuden lisäksi pientä kulutusta selittää työleveys, joka voi vaihdella 10 metristä aina yli 30 metriin. Kevyessä työssä käyttäjä voi lisäksi säätää moottorin pyörimisnopeuden kulutuksen kannalta edulliselle alhaiselle alueelle, jos vain voimanoton nopeudet ja ruiskun pumpun tuottovaatimukset sen sallivat.

#### 2.4.2 Viljankuivaus

Viljankuivauksen energiankulutuksen osuus viljatilan tuotantoprosessissa on merkittävä ja märkinä syksyinä kuivauksen osuus voi olla yhtä iso kuin viljantuotantoprosessin muiden työvaiheiden yhteensä. Keskieurooppalaiseen viljelyyn verrattuna suomalainen viljatila on heikommassa asemassa, koska kuivaukseen kuluu enemmän energiaa. (Ahokas ja Hautala 2012).

Kuivausprosessissa viljasta poistetaan vettä, ja poistettavan veden määrä riippuu viljan puintikosteudesta ja tavoitellusta loppukosteudesta. Ahokkaan (2012b) mukaan jokaista poistettua vesikiloa kohti tarvitaan n. 1,5 dl öljyä. Tällöin hehtaarisadon kuivaamiseen kuluu n. 70 l öljyä, 1,2 m<sup>3</sup> haketta tai 150 kg kosteudeltaan 25 % olevaa viljaa. Poistettava vesimäärä voidaan laskea, kun tiedetään hehtaarisato, puintikosteus (kuivauksen alkukosteus) ja kuivauksen loppukosteus. Poistettavan veden määrä saadaan kaavasta:

$$M(vpoisto) = M(sato) * \frac{(W(a) - W(i))}{1 - W(a)}$$

$M(vpoisto)$  = poistettavan veden määrä

$M(sato)$  = hehtaarisato loppukosteudessa

$W(a)$  = kuivauksen alkukosteus

$W(i)$  = kuivauksen loppukosteus

Esimerkiksi 4000 kg/ha satotasolla, puintikosteuden ollessa 22 % ja loppukosteuden 14 % tarvitaan hehtaarisadon kuivaamiseen 61,5 litraa öljyä. Kulutus voi vaihdella eri kuivureissa, vaikka puintikosteus ja loppukosteus olisivat samat, koska kuivurin tyyppi, säädöt ja erityisesti öljypolttimen suuttimien kunto vaikuttavat kulutukseen. Kulutusta voidaan pyrkiä pienentämään muun muassa öljypolttimen säädöllä, kuivauksella hyvän sään aikaan, kuivurin eristämällä, korkealla kuivauslämpötilalla ja ylikuivaamisen välttämällä (Ahokas 2012c).

## **2.5 Kasvinviljelytilan tieajon polttoaineenkulutus**

### **2.5.1 Traktori**

Tieajossa tarvitaan polttoainetta traktorin massan sekä työkoneiden ja perävaunujen siirtämiseen. Polttoaineenkulutuksen suuruuteen tiellä ajettaessa vaikuttavat traktorin massan lisäksi ajonopeus, traktorin omien renkaiden vierintävastus ja mahdollisen hinattavan työkoneen renkaiden vierintävastus (ja massa), sekä traktorin moottorin ja voimansiirron kitka. Ajettavalla reitillä on myös suuri merkitys. Polttoaineenkulutukseen vaikuttavat muun muassa reittiprofiili, tienpinnan laatu ja kunto sekä risteysten määrä (Bernhardt ym. 2011)

Traktorin tiekulutukseksi kuljetustyössä on arvioitu 20 - 50 l/100 km (Ahokas 2013, 28). Lähtökohta on se, että maataloustraktorit on suunniteltu peltokäyttöön, jolloin taloudellisuus tieajossa ei ole niin hyvää luokkaa kuin se voisi olla, jos kaikki polttoaineenkulutukseen vaikuttavat tekijät optimoitaisiin tieajoon soveltuviksi. Esimer-



kiksi pehmeällä pellolla optimaalinen eli alhaisempi rengaspaine aiheuttaa tieajossa suuremman polttoaineenkulutuksen.

Varsinaista tutkimustietoa maatalouskäyttöön tarkoitetun traktorin tiekulutuksesta löytyy melko niukasti. Bernhardt ym. (2011) ovat laatineet kenttätestin, jossa he ovat vertailleet kahden teholtaan eri luokkaa olevan maataloustraktorin (121 ja 243 kW), Unimog tyyppisen kuorma-auton (210 kW) ja puoliperävaunun yhdistelmän (310 kW) polttoaineenkulutusta tieajossa eri kuormilla (perävaunut). Ajoreitti on ollut 17 km Saksassa sijaitsevaa maaseututiestä. Testin mukaan puoliperävaunun yhdistelmän polttoaineenkulutus on ollut pienin sekä tyhjänä että kuormattuna (46 l/100 km), ja se on ollut myös nopein 36 km/h keskinopeudella. Seuraavaksi pienimmät kulutuslukemat on saavutettu Unimogilla (52 l/100 km) keskinopeudella 32 km/h ja 121 kW traktorilla (56 l/100 km) keskinopeudella 28,1 km/h. Eniten polttoainetta on kuluttanut 243 kW traktori (69 l/100 km), mutta sen keskinopeus on ollut toiseksi suurin (32,7 km/h). Testissä käytettyjen renkaiden tyyppiä ja rengaspaineita Bernhardt ym. (2011) ei ole kertonut.

DLG (2005) on saanut Bernhardtin ym. (2011) kanssa vastaavia kulutuslukemia testatessaan John Deere 6820:n Auto Quad Ecoshift vaihteiston (20 vaihdetta, viisi synkronoitua aluetta, alennettu kierrosluku suurimmalla vaihteella) vaikutusta polttoaineenkulutukseen. Pituudeltaan 20 km tasaisella maantielenkillä kulutus perävaunu tyhjänä on ollut 34 l/100 km ja täydellä 18 tonnin perävaunulla 39 l/100 km (Ecoshift). Korkeampaa moottorinopeutta käyttävällä Auto Quad+ vaihteistolla (20 vaihdetta, viisi synkronoitua aluetta) vastaavat kulutuslukemat olivat selvästi korkeammat eli 44 ja 50 l/100 km. Toisena testilenkinä on ajettu 5 km ylämäki-voittoinen reitti, jolla vertailutraktorien kulutuslukemat tyhjällä perävaunulla ajettaessa ovat olleet 56 ja 61 l/100 km ja täydellä kuormalla 92 ja 95 l/100 km.

Bernhardt ym. (2011) summaa omassa yhteenvedossaan, että traktorien osalta moottoriteholla on ollut selvä yhteys nopeuteen. Etenkin mäkisellä ja paljon kiihdytyksiä ja jarrutuksia sisältävällä reitillä isompi traktori on pystynyt pitämään nopeuden tasaisempina suuremman moottoritehon ansiosta. Tästä on kuitenkin ollut seurauksena myös isompi polttoaineenkulutus, moottoriteholtaan 243 kW traktori on kuluttanut n. 19 % enemmän polttoainetta kuin 121 kW traktori.

Kuten DLG (2005), myös Bernhardt ym. (2011) on selvittänyt kokeessaan reitinvalinnan merkitystä polttoaineenkulutukseen. Kenttäkokeessa testilenkit on ajettu taajama-alueella ja maaseudulla. Maaseututie on sisältänyt enemmän risteyksiä, jolloin kiihdytyksiä ja jarrutuksia on tullut enemmän. Kaikki neljä ajoneuvoa ovat kuluttaneet selvästi enemmän risteyksiä sisältävällä reitillä, esimerkiksi pienemmän traktorin kulutus on lisääntynyt maatalousperävaunua vedettäessä 49 -> 64 l/100 km.

### **2.5.2 Leikkuupuimuri**

Leikkuupuimurin polttoaineenkulutus tieajossa noudattelee samoja perusperiaatteita kuin traktorin. Erona on kuitenkin se, että leikkuupuimurilla ei yleensä vedetä kuormaa joten siirrettävä massa koostuu vain puimurista. Hinattavaa massaa voi kuitenkin syntyä isommissa puimureissa olevista irrotettavista leikkuupöydistä, jotka tyypillisesti hinataan puimurin perässä pellolle. Tällöin puimurin omien renkaiden lisäksi vierimisvastusta syntyy vetolaitteen renkaista. Kokonaismassa on kuitenkin vain pöytävaunun verran suurempi

Leikkuupuimurin polttoaineenkulutuksesta on hyvin vaikea löytää luotettavaa tutkimustietoa. Kokemus on osoittanut että leikkuupuimurin tiekulutus vaihtelisi välillä n. 20 - 50 l/100 km. Teoreettisia laskelmia on esitetty, joista yhtenä esimerkkinä Ahokkaan (2012a) laskelma. Hän on tiettyjen oletuslukujen (vierimisvastus, ajonopeus, voimansiirron hyötysuhde, moottorin tehontarve, polttoaineen ominaiskulutus) perusteella laskenut, että 7200 kg painava, moottoriteholtaan 110 kW leikkuupuimuri kuluttaisi 25 km/h nopeudella 50 l/100 km ajettaessa tasaista asfalttitietä. Hydrostaattisen voimansiirron sijaan hihnavariaattorilla varustettu puimuri voisi päästä lukemaan 30 l/100 km paremman voimansiirron hyötysuhteen ansiosta.

### 3 TIEAJO KASVINVILJELYTILALLA

Kasvituotantotilan tuotantoketjussa syntyy käytännössä aina tieajoa. Tieajon määrä riippuu tilakoosta, tuotantosuunnasta, tilusrakenteesta ja käytettävästä koneketjusta. Tieajolla tässä opinnäytetyössä tarkoitetaan kaikkea kasvinviljelytilan tuotantoprosessiin liittyvää ajoa, joka tapahtuu yksityisillä tai yleisillä teillä. Esimerkiksi eri työvaiheissa tapahtuvat traktorien ja puimurin siirtymät tilakeskuksesta viljeltävälle pellolle ja takaisin luetaan tieajoksi. Samoin viljan myynnistä aiheutuva tieajo voidaan laskea osaksi kasvinviljelytilan tieajoa.

#### 3.1 Tilusrakenne

Maatalouden tilusrakenne Suomessa on muuttunut nopeasti käynnissä olevan rakennemuutoksen myötä. Maatilojen määrä on vähentynyt ja tilakoko kasvanut. Maatilarekisterin (2011) mukaan keskimääräinen tilakoko on 2000-luvun alusta kasvanut n. 10 hehtaarilla ollen vuonna 2012 lähes 39 ha tilamäärän ollessa 59 042 kpl. Myyrän (2002) mukaan rakennemuutoksen aiheuttama tilakoon kasvu on aiheuttanut tilusrakenteen pirstaloitumista. Tällöin tuotannosta luopuvilta tiloilta saatavat lohkot ovat tilusrakenteeltaan usein epäedullisia ja yhdessä päätilan kanssa voi muodostua alkuperäistä tilaa hajanaisempi tilusrakenne.

Hiironen (2012) toteaa, että Suomen kiinteistörakenteen hajanaisuus näkyy tilan pinta-aloihin suhteutettuna pieninä lohkoina, suurina lohkomäärinä sekä tilakeskusten ja peltojen välisinä pitkinä etäisyyksinä. Hän jatkaa, että edellä mainitut seikat johtavat korkeampiin tuotantokustannuksiin ja kannattavuuden alenemiseen. Huonot tilussuhteet näkyvät myös kohonneina polttoainekuluina, ja niinpä tieajon osuus tilan koko energiankulutuksesta väistämättä kasvaa kun tilukset ovat hajallaan ja lohkot pieniä. Maa- ja metsätalousministeriön ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimuksen väliraportissa on vuoden 2010 tukihakemustiedoista laskettu keskimääräinen lohkokoko 2,29 ha.

Hiironen (2012) on tutkinut väitöskirjassaan peltotilusjärjestelyjen maatalataloudellisia vaikutuksia. Tutkimuksen kohteena on ollut 20 tilusjärjestelyaluetta eri puolilta Suomea. Tilusjärjestelyalueiden tilakeskuksesta mitattu keskimääräinen viljelyetäisyys ennen järjestelyä on ollut 3,41 kilometriä. Alustavan jakosuunnitelman jälkeen keskimääräinen viljelyetäisyys on lyhentynyt 3,3 kilometriin. Kymmenellä tilusjärjestelyalueella viljelyetäisyys on lyhentynyt, yhdeksällä kasvanut ja yhdellä pysynyt ennallaan. Viljelyetäisyys on lyhentynyt eniten 4,56 kilometristä 2,76 kilometriin ja kasvanut eniten 4,21 kilometristä 4,84 kilometriin. Lohkokoko olisi alustavan jakosuunnitelman mukaan kasvanut 2,64 hehtaarista 5,43 hehtaariin, ja lohkojen lukumäärä vähentynyt 394 lohkoa 186 lohkoon. Peruslohkojen keskimääräinen etäisyys ei siis ole juuri muuttunut, mutta suurentunut lohko ja pienentynyt lohkomäärä voivat silti vähentää tieajon tarvetta. Käytännössä tämä tarkoittaisi suoria säästöjä kasvinviljelytilan tieajosta aiheutuvaan polttoainelaskuun.

### **3.2 Töiden organisointi ja tieajo**

Eri työvaiheiden muodostama tieajon energiankulutus vaihtelee tilusrakenteen lisäksi viljelytavan, viljelykasvien ja käytettävän koneketjun mukaan. Esimerkiksi suorakylvössä viljelyvaiheita on tyypillisesti vähemmän kuin perinteisessä kylvössä, jolloin pelloilla tarvitsee käydä harvemmin. Toisaalta suorakylvö lisää tarvetta kasvinsuojeluaineiden käytölle (Ahokas 2011a) ja lisääntyneet ruiskutuskerrat kasvattavat myös tieajon määrää. Pelkästään tieajon vähentäminen ei ole järkevä lähtökohta suorakylvöön siirtymiselle.

Tieajon määrään vaikuttaa myös tilan käytössä oleva konekapasiteetti ja käytössä olevat työntekijäresurssit. Jos yksi henkilö tekee kaikki työt, ovat työvaiheet peräkkäisiä. Jos taas käytössä on useampi henkilö, voidaan esimerkiksi muokkaus- ja kylvötyö tehdä yhtä aikaa, jolloin konekapasiteetin tarve saattaa olla pienempi (Ahokas 2012b). Tieajon kannalta on otettava huomioon, että jos työhön on käytettävissä esimerkiksi kaksi henkilöä, pelloille ajetaan peräkanaa tai viiveellä kahdella traktorilla. Tällöin tilakeskuksen ja peruslohkojen välisen tieajon määrä ei vähene, mutta työ tulee nopeammin tehdyksi.

## **4 TIEAJON POLTTOAINEENKULUTUKSEN TUTKIMUS**

### **4.1 Tutkimusaineisto**

Tutkimuksen pohjana on aineisto, joka koostuu viidestä erikokoisesta kasvinviljelytilasta. Tilat ovat hehtaarikooltaan 16 - 430 ha, ja niiden kaikkien päätuotantosuuntana on viljan- ja öljykasvien viljely. Tiloista kaksi on päätoimisia, kolmella tilalla tuotanto on sivutoimista. Tilat valittiin työni ohjaajan, yliopettaja Jussi Esalan ja työn tekijän toimesta. Tilojen valinnassa päädyttiin rajaamaan eläintilat tutkimuksen ulkopuolelle, koska haluttiin selvittää nimenomaan kasvinviljelytilojen energiankulutusta. Osasyynä valintaan oli vastuualueiden jakautuminen Energiaakatemia hankkeessa. Tilojen valinnassa painotettiin erilaisia tilakokoja ja tilusrakenteita selkeiden tutkimustulosten saavuttamiseksi ja kehittämiskohteiden löytämiseksi. Tutkimustilat kuvaavat tyypillisiä eri kokoluokissa viljeleviä suomalaisia kasvinviljelytiloja.

### **4.2 Tutkimusmenetelmä**

Tutkimusaineisto kerättiin lomakekyselyllä 3.4 - 28.4.2012. Työssä käytettiin Maa- ja metsätalousministeriön Maatilojen energiaohjelman kyselylomaketta. Lomake lähetettiin jokaiselle tutkimustilalle etukäteen tutustuttavaksi, ja itse kyselytilanteessa siihen kirjattiin numeraaliset ja sanalliset tiedot.

Tilakäynnin jälkeen työn edetessä tuli vastaan useita kohtia, jotka vaativat tilatietoihin lisäyksiä ja tarkennuksia. Lisätietoja on kysytty useampaan otteeseen jokaiselta tilalta pääosin sähköpostitse, mutta myös puhelimitse. Kaikki tutkimustilat ovat olleet hyvin yhteistyöhaluisia, ja kaikki pyydyt tiedot on toimitettu tutkimuksen tekijälle.

Tutkimusaineiston alustava laskenta tehtiin keväällä 2012, mutta varsinainen analyysi aloitettiin myöhemmin syksyllä. Tutkimustiloilta kerättyjen lähtötietojen tarkentua myös laskentaa oli mahdollista tarkentaa työn edetessä.

Tiekulutus määriteltiin tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti. Tässä tutkimuksessa siihen kuuluu kaikki tilan kasvinviljelyyn liittyvä traktorin ja leikkuupuimurin tieajossa kuluttama polttoaine. Näin mm kiinteistön hoitoon, talvella lumi- ja metsätöihin kuluva sekä erilainen yksityistalouteen kuuluva ajo jäi ulkopuolelle.

Tiekulutuksen laskenta perustuu siirtoajoista kertyviin kilometreihin, ajoneuvon polttoaineenkulutukseen ja peltotöiden työmenekkeihin. Kasvukauden aikana kertyvät tiekilometrit voidaan laskea, kun tiedossa on tilusrakenne (peltojen koko ja etäisyys tilakeskuksesta) ja työmenekki (h/ha ja h/v) jokaisessa työvaiheessa. Kun otetaan huomioon että työpäivän pituus on rajallinen, tarkoittaa se karkeasti sitä, että paremmalla työmenekillä peruslohkon käsittely onnistuu esimerkiksi yhden päivän aikana. Tällöin peruslohkolle ei tarvitse ajaa kuin kerran, kun taas pienemmällä työmenekillä työtä jouduttaisiin mahdollisesti jatkamaan seuraavana päivänä, jolloin siirtoajon määrä kaksinkertaistuisi.

Tutkimustilojen työmenekkien laskennassa on hyödynnetty TTS-Manager ohjelma. TTS-Manager on Työtehoseuran (TTS) laatima tietokoneohjelma, jonka avulla voidaan suunnitella ja laskea maatalan työmäärä ja työtehokkuus. Ohjelman sisältämän laajan työntutkimusaineiston ja standardiaikajärjestelmän avulla voidaan arvioida tilan työruutiinien tehokkuutta vertailemalla niitä ohjelman sisältämiin tietoihin. Ohjelmalla voidaan myös laskea tuotannon laajentamisen, esimerkiksi lisäämään hankinnan ja tilusrakenteen muutosten vaikutusta tilan työmäärään ja töiden ajoittumisiin.

TTS-Manageria käytettiin tutkimustilojen tieajoon kuluvan työmenekin ja sitä kautta tiekulutuksen selvittämisessä. Manager-ohjelmaan syötettiin kunkin tilan peruslohkot ja muut kasvinviljelytiedot sekä koneiden käyttötiedot, ja tarvittaessa työaikoja hienosäädettiin tiloilta kerätyn aineiston mukaan. TTS-Manager ei laske polttoaineenkulutuksia, mutta ohjelman laskemien peltotyömenekkien pohjalta on mahdollista laskea myös tieajoon kuluneen polttoaineen määrä. Tämä tapahtuu

määrittämällä työpäivän pituus, joka verrattuna peltotyövaiheiden työmenekkiin (h/v) antaa tulokseksi ajokertojen määrän ja kilometrit eri työvaiheissa. Ajokilometrien perusteella voidaan laskea tiekulutus jokaiselle työvaiheelle erikseen.

Laskenta aloitettiin syöttämällä TTS-Manageriin peruslohkojen pinta-alat, annettiin jokaiselle lohkolle kasvi sekä syötettiin konetiedot jokaiselle peruslohkolle peltotyövaiheittain. Näiden tietojen perusteella TTS-Manager laski työmenekin. Jos esimerkiksi on kolme kolmen hehtaarin lohkoa, niin peltoaika on pienempi jos se

lasketaan 9 ha lohkolle kuin kolmelle 3 ha lohkolle. Tämä voi vaikuttaa työpäivien lukumäärään. TTS-Manageriin ei syötetty etäisyystietoja, vaan jokaisen lohkon etäisyydeksi asetettiin 0 km. Varsinainen etäisyys- ja polttoaineenkulutuksen laskenta tehtiin MS Excelillä täydentäen TTS-Managerin tuottamia taulukoita.

Peltotyövaiheista poiketen pelloilta tilakeskukseen (kuivuri) tapahtuvan sadon siirtoajon kilometrien ja polttoaineenkulutuksen laskennassa ei käytetty TTS-Manageria. Laskelma tehtiin suoraan MS Excelillä, ja siinä käytettiin lähtötietoina pinta-aloja, peruslohkojen etäisyyksiä, viljelykasveja, sadon määrää sekä sadon siirtoajossa käytettävän perävaunun/perävaunujen tilavuutta (hl). Eri kasvien hehtaarisadot (kg/ha) muutettiin hehtolitroiksi, ja laskettiin kuinka monta kuormaa pitää ajaa kultakin peruslohkolta. Lohkojen etäisyyksien ja kuormien määrän perusteella saatiin selville kilometrit, ja sadon siirtoajosta aiheutuva polttoaineenkulutus.

Traktorien ja leikkuupuimurien tiekulutuksen (l/100 km) arvioinnin pohjana on käytetty olemassa olevaa tutkimustietoa, koska tutkimustiloilla ei tiekulutusta ole erikseen mitattu. Työvaiheesta riippuu, kuinka paljon ajoneuvo tiellä ajettaessa kuluttaa. Tutkimustilojen tiekulutuksen laskennassa käytetyt arvot on esitetty taulukossa 1.

Työvaihe/työkone	Tila 1	Tila 2	Tila 3	Tila 4	Tila 5
Traktorin tiekulutus l/100 km, peltotöiden tieajot	35	35	35	35	35
Traktorin tiekulutus l/100 km, viljanajo tyhjä vaunu	40	35	40	40	40
Traktorin tiekulutus l/100 km, viljanajo täysi vaunu	60	45	60	60	60
Puimurin tiekulutus l/100 km	50	40	50	50	50
Traktorin tiekulutus l/100 km, lietteenajo tyhjä vaunu	-	50	-	50	-
Traktorin tiekulutus l/100 km, lietteenajo täysi vaunu	-	70	-	70	-
Kuorma-auton tiekulutus l/100 km ilman kuormaa	-	-	-	-	25
Kuorma-auton tiekulutus l/100 km kuormattuna	-	-	-	-	35

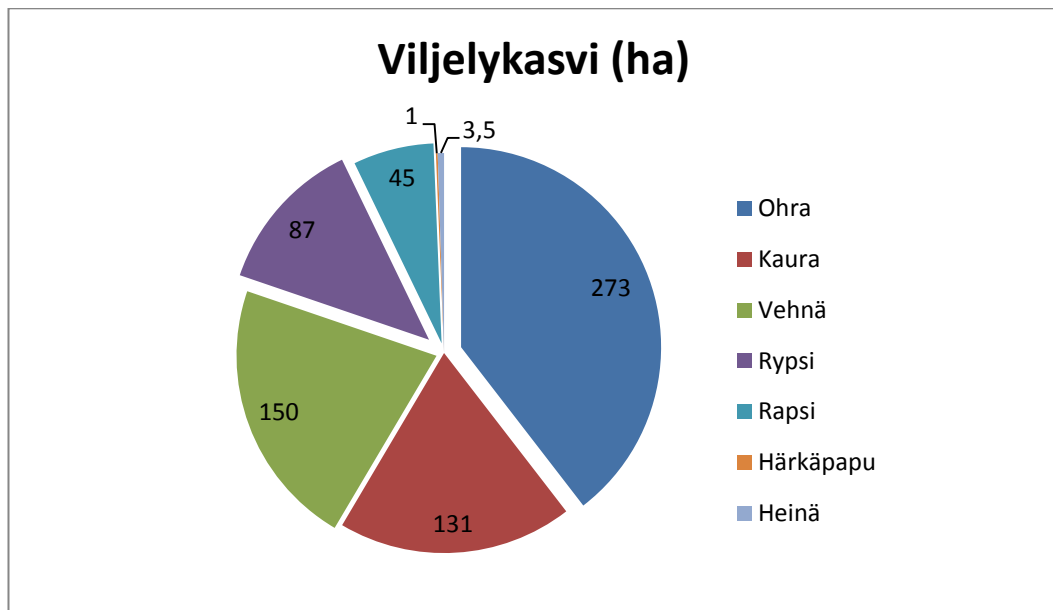
Taulukko 1. Työvaiheiden siirtoajojen km-kulutukset

### 4.3 Tutkimustilat

Tutkimustilojen viljelykasvien jakauma on esitetty kuviossa 5. Viljeltävistä kasveista hehtaarimääräisesti mitattuna eniten oli ohraa, jonka osuus kaikista kasveista oli 40 %. Vehnää oli 22 %, kauraa 19 %, rypsiä 13 % ja rapsiakin 6 %, jota tosin oli vain yhdellä tilalla. Pienintä tutkimustilaa lukuun ottamatta kaikilla tiloilla oli jonkin verran nurmea, pääasiassa luonnonhoitopelloksi (kesanto) ilmoitettua nurmipeitteistä alaa. Tutkimustilalla 2 (21 ha) oli lisäksi pieni ala (1,5 ha) härkäpapua. Tilojen keskimääräistä kasvijakaumaa tarkasteltaessa on huomioitava, että tutkimuksen suurin tila oli kooltaan suurempi kuin muut tilat yhteensä, joten kuviossa 5 suurin osa hehtaareista koostuu yhden tilan kasveista. Esimerkiksi vehnää viljeltiin vain suurimmalla tilalla, vaikka sen osuus kokonaisuudesta on lähes viidennes. Tilakohtaiset viljelykasvijakaumat on käyty läpi tilakohtaisissa tiedoissa. Viljelykas-



vien jakauma eri tiloilla vaihtelee vuosittain, joten kuvion hehtaarimäärät ovat joko yhden vuoden tieto (2011), tai muutaman viime vuoden keskiarvo.



Kuvio 5. Tutkimustilojen viljelykasvien jakauma

#### 4.3.1 Tila 1 (16 ha)

Tila 1 on Etelä-Pohjanmaalla sijaitseva pieni sivutoiminen kasvinviljelytila, jonka erityispiirteenä voidaan mainita pinta-alaan nähden isot ja tehokkaat koneet (taulukko 2).

Tilalla viljellään rehuviljaa, ja kasvilajeina viime vuosina ovat olleet ohra, kaura sekä rypsi. Tilan viimevuosien viljelyssä ohran osuus on ollut 2/3 ja loput puoliksi kauralla ja rypsilä. Tilan ilmoittama keskimääräinen satotaso viime vuosilta on ohrella ja kauralla 5500 kg/ha ja rypsilä 1000 - 2000 kg/ha. Sadon käsittely tapahtuu kuivaamalla omassa kuivurissa, ja kuivausenergiana on öljy. Sato myydään kokonaisuudessaan tilan ulkopuolelle.

Peruslohkoja tilalla on 5 kpl, joista suurin (7,37 ha) sijaitsee tilakeskuksen välittömässä läheisyydessä. Muut lohkot sijaitsevat 3 - 4 km päässä tilakeskuksesta.

Maataloustyökoneet	Tyyppi	Teho kW	Vuosimalli	Työleveys	Tilavuus/säiliö m <sup>3</sup> /litraa
Traktori 1	-	118	2007	-	-
Traktori 2	-	66	1985	-	-
Leikkuupuimuri	-	112	2008	3,9	
Kyntöaurat	5-teräiset kääntö- aurat, muovisiivet	-	-	-	-
Joustopiikkiäes	Hinattava, ta- sauslana edessä	-	-	6	-
Kylvölannoitin	Jyräcombi	-	-	3	-
Jyrät	Kiekkojyrä	-	-	6	-
Kasvinsuojeluruisku	Nostolaiteruisku	-	-	21	1200 l
Perävaunu 1	Telivaunu	-	-	-	12,75 m <sup>3</sup>
Perävaunu 2	Telivaunu	-	-	-	12,75 m <sup>3</sup>
Perävaunu 3	Omavalmiste	-	-	-	20 m <sup>3</sup>

Taulukko 2. Tutkimustilan 1 maatalouskoneet

#### 4.3.2 Tila 2 (21 ha)

Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevalla sivutoimisella tilalla viljellään ohraa yli puolella pinta-alasta ja loppuosalalla puoleksi rypsiä ja heinää. Rehukasvisato menee naapuritalalle. Erikoisuutena on vuosittainen n. 1,5 ha härkäpapuala. Tilan koneet on esitetty taulukossa 3.

Tilan satotaso viime vuosilta on ohralla 3500 kg/ha ja rypsillä 1800 kg. Härkäpavun sato on ollut 1500 kg/ha. Sato kuivataan naapurin kanssa yhteisellä kuivurilla käyttäen öljyä energian lähteenä.

Peruslohkoja tilalla on 5 kpl, kasvulohkojen määrä vaihtelee. Enin osa lohkoista sijaitsee tilakeskuksen välittömässä läheisyydessä, kauimmaiselle lohkolle on matkaa 5 km.

Maatalous- työkoneet	Merkki ja malli	Teho kW	Vuosimal- li	Työle- veys m	Tila- vuus/säiliö m <sup>3</sup> /litraa
Traktori 1	-	75	2010	-	-
Traktori 2	-	44	1982	-	-
Leikkuu- puimuri	-	49	1980	2,75	-
Kyntöaurat	3-teräiset kääntöaurat, muovisiivet	-	-	-	-
Joustopiik- kiäes	Hinattava s-piikkiäes	-	-	4,5	-
Kylvölan- noitin	Hinattava sivupyöräkone, korokelaidat	-	-	2,5	-
Jyrät	Kiekkojyrät	-	-	3,3	-
Kasvinsuo- jeluruisku	Nostolaiteruisku	-	-	13	600 l
Perävaunu	Telivaunu	-	-	-	8 m <sup>3</sup>

Taulukko 3. Tutkimustilan 2 maatalouskoneet

#### 4.3.3 Tila 3 (58 ha)

Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevan sivutoimisen tilan päätuotantosuunta on rehuviljan ja öljykasvien viljely. Tilakeskuksen ympärillä on yhtenäisenä palana 27 ha maata ja loput 31 ha on 30 kilometrin etäisyydellä 22 ha ja 9 ha paloina. Keskimääräinen peruslohkokoko on n. 5 ha. Tilan koneet on esitetty taulukossa 4.

Tilan tyypillinen viljelykasvijakauma on 3/5 ohraa, 1/5 kauraa ja 1/5 rypsiä. Tämän lisäksi on muutamia hehtaareita luonnonhoitopeltoa (kesanto). Tilan satotaso on ohralla ja kauralla noin 5000 kg/ha ja rypsillä 1700 kg/ha. Sadon käsittely tapahtuu kuivaamalla, kuivausenergiana on öljy. Sato myydään kokonaisuudessaan tilan ulkopuolelle

Maataloustyökoneet	Tyyppi	Teho kW	Vuosimalli	Työleveys m	Tilavuus/säiliö m <sup>3</sup> /litraa
Traktori 1	-	78	1998	-	-
Traktori 2	-	60	1985	-	-
Leikkuupuimuri	-	65	1983	3,6	-
Kyntöaurat	4-teräiset kääntö-aurat, muovisiivet	-	-	-	-
Joustopiikkiäes	s-piikkiäes, lata edessä, varpajyrä takana	-	-	5	-
Kylvölannoitin	Hinattava laahavannaskone	-	-	2,5	-
Jyrät	Kiekkojyrät	-	-	4	-
Kasvinsuojeluruisku	Nostolaiteruisku	-	-	15	1000 l
Perävaunu 1	Telivaunu	-	-	-	16,5 m <sup>3</sup>
Perävaunu 2	Kuorma-autosta tehty	-	-	-	19 m <sup>3</sup>

Taulukko 4. Tutkimustilan 3 maatalouskoneet

#### 4.3.4 Tila 4 (195 ha)

Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevan tilan päätuotantosuunta on rehuviljan ja öljykasvien viljely. Tila on päätoiminen. Tärkeimpänä työvoimana on tilan isäntä, ja sesonkiaikoina mahdollinen tilapäinen aputyövoima. Tilan koneet on esitetty taulukossa 5.

Tilan viljelykasveja ovat ohra, kaura ja rypsi, joita on yhteensä n. 180 ha, loppu alasta on luonnonhoitopeltoa (kesanto). Ohran ja kauran suhde vaihtelee. Vuonna 2011 ohraa oli noin 85 ha ja kauraa noin 70 ha, kun aikaisempina vuosina kauraa on ollut enemmän. Rypsin osuus on tyypillisesti noin 25 ha. Satotaso viljoilla on normaalisti noin 5000 kg/ha. Rypsin satotaso on normaalisti noin 1500 kg/ha, mut-

ta vuonna 2011 sato jäi selvästi alhaisemmaksi pakkahomeen vuoksi ollen 770 kg/ha. Sadon käsittely tapahtuu kuivaamalla kahdessa kuivurissa, ja kuivausenergia on öljy. Tila on kuitenkin erittäin kiinnostunut uusiutuvan energian käytöstä viljan kuivauksessa, ja tulee mahdollisesti tulevaisuudessa investoimaan esimerkiksi hakekuivuriin. Sato myydään kokonaisuudessaan tilan ulkopuolelle.

Tilalla oli haastatteluhetkellä peruslohkoja noin 50 kpl, sijainniltaan 0 - 15 km säteellä tilakeskuksesta. Peruslohkojen määrä on kuitenkin vähentynyt reilusti tutkimusaikana uusjakotoimenpiteiden ansiosta. Valtaosa pelloista sijaitsee alle 10 km päässä tilalta. Omaa peltoa on 118 ha ja loput ovat vuokrapeltoja.

Maataloustyökoneet	Tyyppi	Teho kW	Vuosimalli	Työleveys m	Tilavuus/säiliö m <sup>3</sup> /litraa
Traktori 1	-	103	2003	-	-
Traktori 2	-	96	1998	-	-
Traktori 3	-	77	1987	-	-
Traktori 4	-	26	1966	-	-
Leikkuupuimuri	-	96	2005	3,9	-
Kyntöaurat	7-teräiset sarka-aurat, muoviivet	-	1985	-	-
Kyntöaurat 2	4-teräiset sarka-aurat	-	-	-	-
Joustopiikkiäes	s-piikkiäes, joustolata ja jälkihara	-	2000	6,5	-
Kylvölannoitin	Hinattava puhallinsyötöllä	-	1990	4	-
Jyrät	Rahtityönä	-	-	-	-
Kasvinsuojeluruisku	Hinattava ruisku, sähköohjaus, vakaaja, hissipuomi	-	2009	18	1300 l
Perävaunu 1	Kuorma-autosta tehty, ei vetävä	-	-	-	26,5 m <sup>3</sup>
Perävaunu 2	Telivaunu	-	-	-	15 m <sup>3</sup>
Perävaunu 3	Telivaunu	-	-	-	12 m <sup>3</sup>

Taulukko 5. Tutkimustilan 4 maataloustyökoneet

#### 4.3.5 Tila 5 (430 ha)

Varsinais-Suomessa sijaitseva tila kuuluu hehtaarikooltaan Suomen sadan suurimman tilan joukkoon (Maataloustilastot 2012). Tilan päätuotantosuunta on viljan ja öljykasvien viljely ja siementuotanto. Sato toimitetaan rehu- ja leipäteollisuuteen sekä mallastuotantoon. Päätoimisesti työskentelevän isännän lisäksi työvoimana on sesonkiaikana ulkopuolista työvoimaa ja harjoittelijoita.

Tilan viljelykasveja ovat mallasohra, kevät- ja syysvehnä sekä kaura ja rapsi. Vuonna 2011 oli syysvehnää 100 ha, kevätvehnää 50 ha, mallasohraa 130 ha, kauraa 45 ha ja rapsia 45 ha. Loppu oli luonnonhoitopeltoa (kesanto). Satotasoksi vehnälle tila on ilmoittanut 5000 kg/ha, mallasohralle 5500 kg/ha, kauralle 6000 kg/ha ja rapsille 2500 kg/ha. Sadon käsittely tapahtuu kuivaamalla tilan omassa 650 hl siilokuivurissa. Kuivausenergia on öljy, mutta tila on kiinnostunut hakkeen käytöstä viljankuivauksessa. Sato myydään kokonaisuudessaan tilan ulkopuolelle.

Tilan kaikki pellot sijaitsevat 13 km säteellä tilakeskuksesta. Vuonna 2011 vehnälohkot olivat tilakeskuksesta enintään 3 km päässä, mallasohralohkot enintään 7 km päässä, kauralohkot enintään 2 km päässä ja rapsilohkot enintään 13 km päässä. Voidaan sanoa, että tilan peltopinta-alaan nähden lohkot sijaitsevat lähellä tilakeskusta ja tilalla olevaa kuivuria.

Maataloustyökoneet	Merkki ja malli	Teho kW	Vuosimalli	Työleveys m	Tilavuus/säiliö m <sup>3</sup>
Traktori 1	-	243	-	-	-
Traktori 2	-	154	-	-	-
Traktori 3	-	92	-	-	-
Traktori 4	-	235	-	-	-
Traktori 5	-	51	-	-	-
Leikkuupuimuri	-	213	-	7,6	-
Kultivaattori	-	-	-	5	-
Lautasäes	-	-	-	7,5	-
Jankkuri	6-piikkinen	-	-	3,5	-
Kyntöaurat	4-teräiset kääntöaurat	-	-	-	-
Joustopiikkiäes	s-piikkiäes	-	-	10	-

Joustopiikkiäes	s-piikkiäes	-	-	9	-
Suorakylvökone oma	Hinattava, etu- muokkain ja lautaset	-	-	4	-
Suorakylvökone rahti	-	-	-	6,5	-
Jyrät	Kiekkojyrät, etulata	-	-	6,2	-
Kasvinsuojeluruisku	Hinattava, puominlohko- ohjaus	-	-	28	5200
Perävaunu 1	Vankkuri	-	-	-	30
Perävaunu 2	Telivaunu	-	-	-	24
Perävaunu 3	Telivaunu	-	-	-	21
Kuorma-auto	-	280	-	-	21

Taulukko 6. Tutkimustilan 5 maatalouskoneet

#### 4.4 Tulokset

Tutkimustilojen tiekulutuksen perusyksikkönä on käytetty moottoripolttoöljynkulutusta l/v ja l/ha. Kun tiekulutuksen osuus on selvitetty, on sen osuutta voitu verrata kasvinviljelyprosessin kokonaiskulutukseen. Vuosittainen öljynkulutus on tilojen ilmoittamaa tietoa, jota on tarvittaessa tarkennettu laskemalla esimerkiksi eri työvaiheisiin kuluneen öljyn todellinen osuus (l/ha). Muutettaessa moottoripolttoaineen energiamäärä kilowattitunneiksi, voidaan laskea tiekulutuksen osuus tilan kokonaisenergian käytöstä, johon kuuluu sähköenergiaa sekä joillakin tiloilla myös uusiutuvaa energiaa puulämmityksen muodossa. Tieajon energiatehokkuutta voidaan arvioida suhteuttamalla tiekulutus tilojen kokoon (hehtaarit) ja tuottavuuteen (sato, tn) ja vertaamalla tuloksia tutkimustilojen välillä.

Taulukossa 7. on yhteenveto tutkimustilojen tieajon määrästä ja tiekulutuksesta. Tiekulutus on esitetty kulutuksena vuositasolla (l/v) sekä suhteutettuna tilan kokoon (l/ha). Suluissa oleva tilan koko sisältää koko peltopinta-alan mm.

kesannot mukaan luettuna, mutta tiekulutus l/ha on laskettu tilojen viljelypinta-alan, eli käytännössä vilja- ja/tai öljykasvialan mukaan. Tilakohtainen analyysi alkaa luvusta 4.4.1.

Taulukko 7. sisältää tutkimustilojen sisäisen liikenteen, eli peltotyövaiheiden tieajon sekä viljankuljetuksen peruslohkoilta tilalle. Taulukko ei sisällä viljan myynnistä aiheutuvaa liikennettä, eikä sekalaista ajoa, johon voidaan laskea kuuluvaksi muun muassa talviaikainen ajo lumenaurauksineen.

Tutkimustila	Tieajo km/v	Tiekulutus l/v	Tiekulutus l/ha
Tila 1 (16 ha)	200	80	5
Tila 2 (21 ha)	221	105	5,8
Tila 3 (58 ha)	1431	626	11,7
Tila 4 (195 ha)	2329	949	5,3
Tila 5 (430 ha)	2653	1099	3

Taulukko 7. Tieajon määrä ja tiekulutus tutkimustiloilla

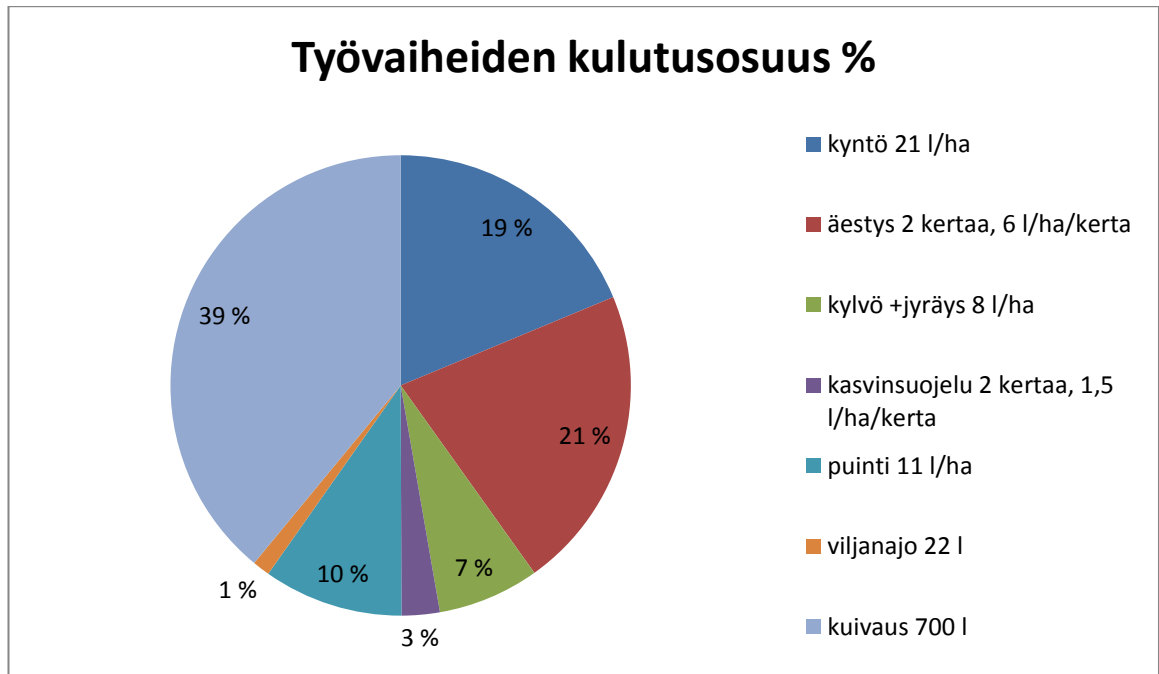
#### 4.4.1 Tila 1 (16 ha)

Tilalla on v. 2011 kulunut suoraa energiaa kilowattitunneiksi muunnettuna noin 72 000 kWh. Lukema sisältää viljelyn ja yksityistalouden energiankulutuksen. Lukema on osin arvio, koska kaikelle energiankulutukselle (kuten moottoripolttoaineet) ei ole tarkkaa seuranta. Lukemaan sisältyvä sähkönkulutus on todellinen mittarilukema. Tuotannon osuus on 50 494 kWh ja yksityistalouden 21 771 kWh.

Työvaihekohtaisessa öljynkulutuksessa tuotantoon käytetty öljy (moottoripolttoaineet ja viljankuivaus) on pyritty kohdistamaan mahdollisimman tarkasti eri työvaiheille (Kuvio 6). Viljankuivauksen osalta lukema on tilan ilmoittama, mutta koska peltotyövaihekohtaista kulutusseuranta ei ole, on moottoripolttoaineiden osuus laskettu tilojen antamia lähtötietoja hyödyntäen. Lähtötietoja ovat mm. maalajit,



työkone (työleveys, tyyppi jne.), ajokerrat ja ajonopeus. Kulutuksen yksikkönä on käytetty litraa/ha.

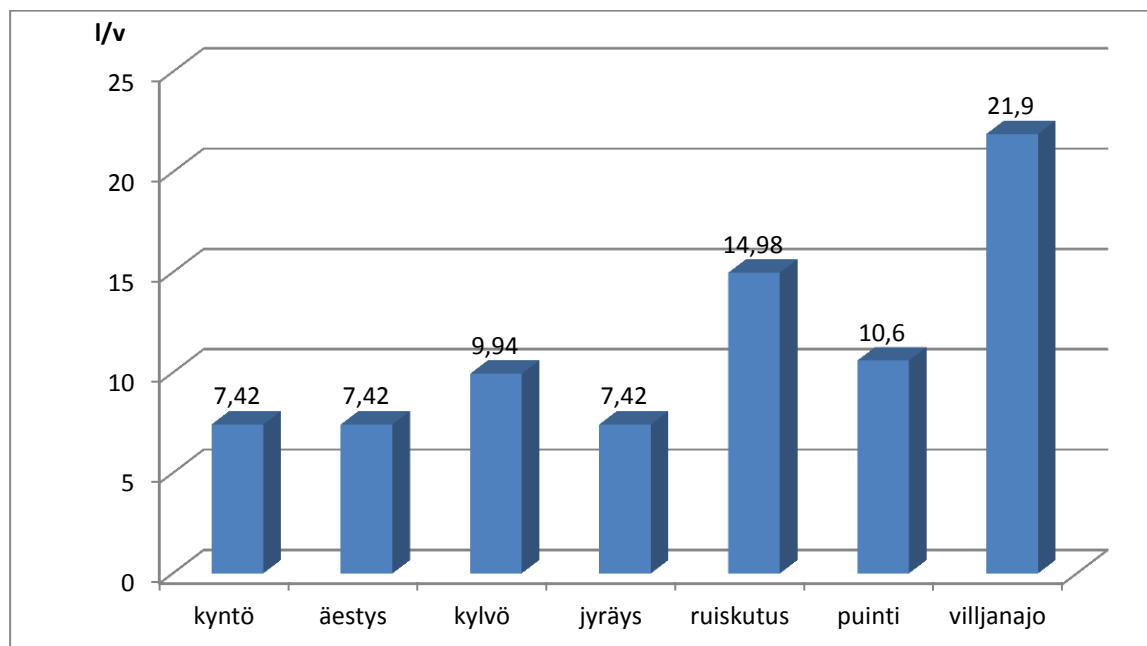


Kuvio 6. Öljynkulutuksen jakautuma peltotyövaiheittain. Selitteen perässä oleva lukema kertoo kunkin kulutuskohteen laskentaperusteen.

Tilan tieajon määrä on ollut 200 kilometriä vuodessa ja polttoainetta on kulunut 80 litraa (Taulukko 7). Tilan peltopinta-alasta (16 ha) lähes puolet (7,37 ha) sijaitsee tilakeskuksen välittömässä läheisyydessä ja loput neljässä lohossa 3 - 4 km säteellä tilalta. Tiekulutuksen laskennassa käytetyt polttoaineenkulutukset (l/100 km) on esitetty taulukossa 1 sivulla 31.

Kuviossa 7 on esitetty tilan tiekulutuksen jakauma työvaiheittain. Peltotyövaiheista kylvön ja kasvinsuojeluruiskutuksen tiekulutus on muita työvaiheita suurempi johtuen täyttösiirtymistä tilakeskukseen. Ruiskutuksessa käsittelykertoja on kaksi eri vaiheessa kasvukautta, jonka vuoksi peruslohkoille tulee vähintään kaksi ajokertaa sekä ruiskun täytöstä aiheutuvat siirtymät tilalle ja takaisin. Näin ollen tieajoa syntyy enemmän kuin muissa peltotyövaiheissa. Viljanajossa kilometrejä

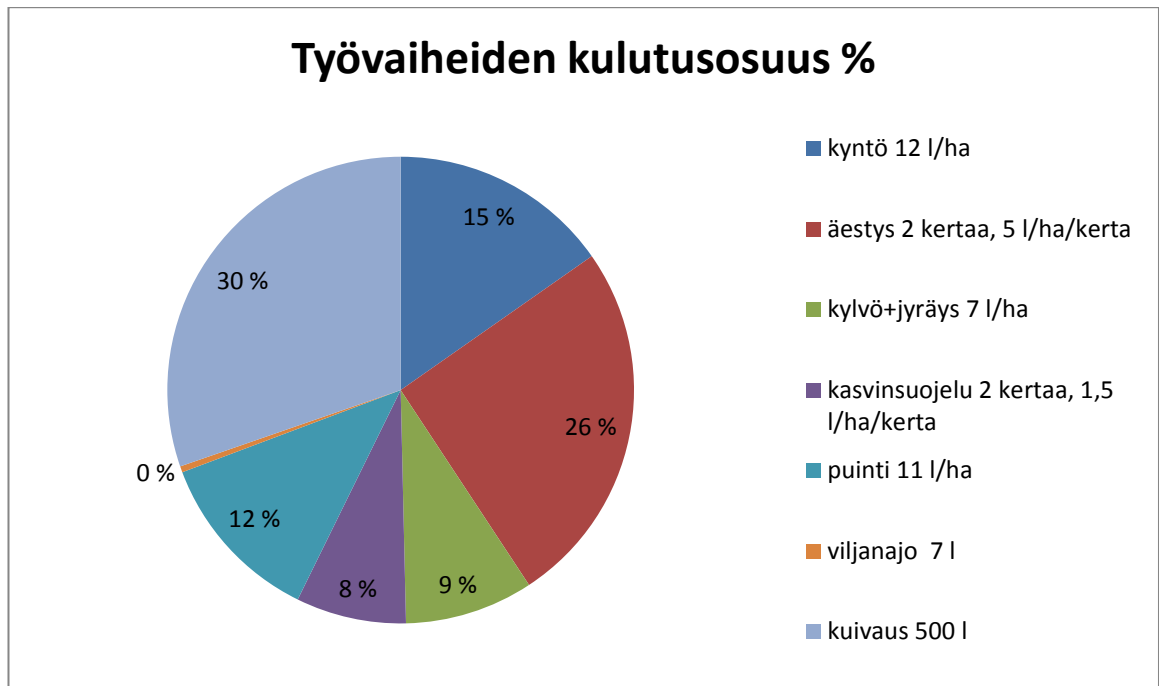
kertyy 44, ja kulutus koko tuotantoprosessin tieajoista on noin neljännes.



Kuvio 7. Kasvukauden eri työvaiheisiin liittyvän tieajon kulutus (l/kasvukausi) tilalla 1

#### 4.4.2 Tila 2 (21 ha)

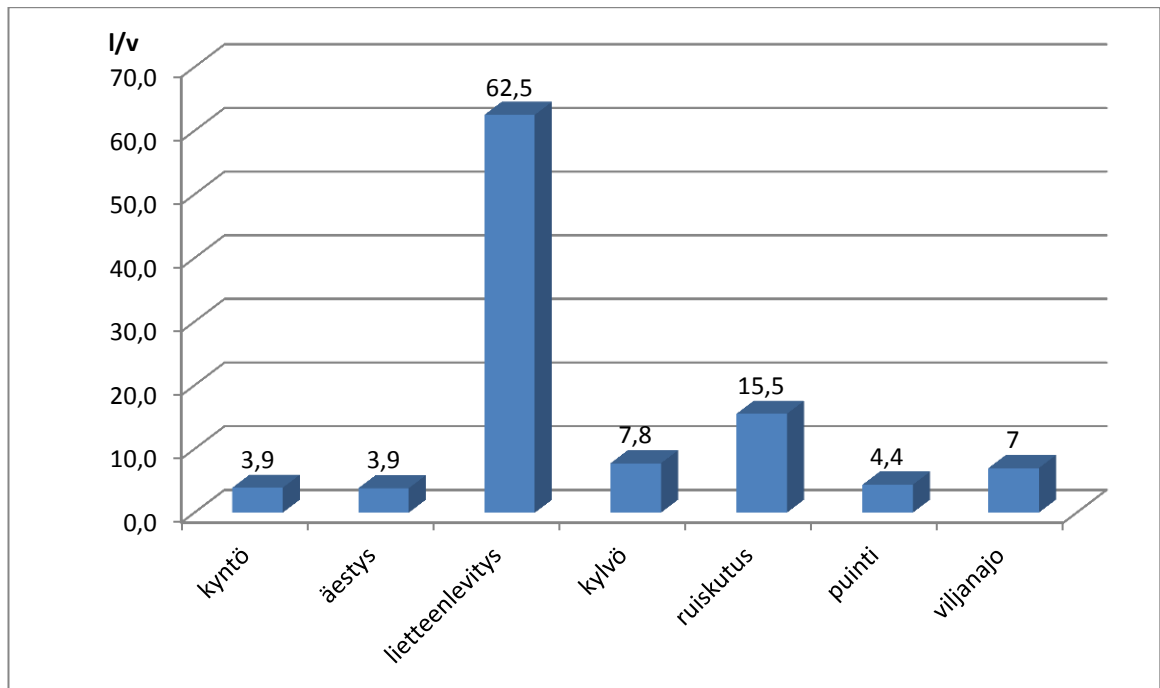
Tilalla on vuosien 2010 - 2011 aikana kulunut suoraa energiaa noin 103 000 kWh/v. Lukema sisältää viljelyn ja yksityistalouden energiankulutuksen. Öljyn kokonaiskulutus on tilan oma arvio. Sähkönkulutus sisältää molemmat, yksityistalouden ja kasvinviljelyn. Työvaihekohtainen öljynkulutus on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8. Öljynkulutuksen jakautuma työvaiheittain. Selitteen perässä oleva lukema kertoo kunkin kulutuskohteen laskentaperusteen.

Tilan tieajon määrä on ollut 221 km vuodessa ja polttoainetta on kulunut 105 litraa (Taulukko 7). Yhtä 3,12 ha peruslohkoa (etäisyys tilalta 4,7 km) lukuun ottamatta kaikki pellot sijaitsevat tilakeskuksen välittömässä läheisyydessä. Tiekulutuksen laskennassa käytetyt polttoaineenkulutukset (l/100 km) on esitetty taulukossa 1 sivulla 31.

Selvästi eniten polttoainetta kuluu lietteenajossa, lähes 60 % enemmän kuin muissa työvaiheissa yhteensä. Lietettä levitetään 27 - 30 m<sup>3</sup> (laskennassa arvona käytetty 28 m<sup>3</sup>) viljoille ja rypsille. Levitettävä hehtaarimäärä on n. 18 ha, ja levitys suoritetaan 10 m<sup>3</sup> lietevaunulla, ja täyttösiirtymiä tilakeskukseen tulee keskimäärin kolme hehtaaria kohti.



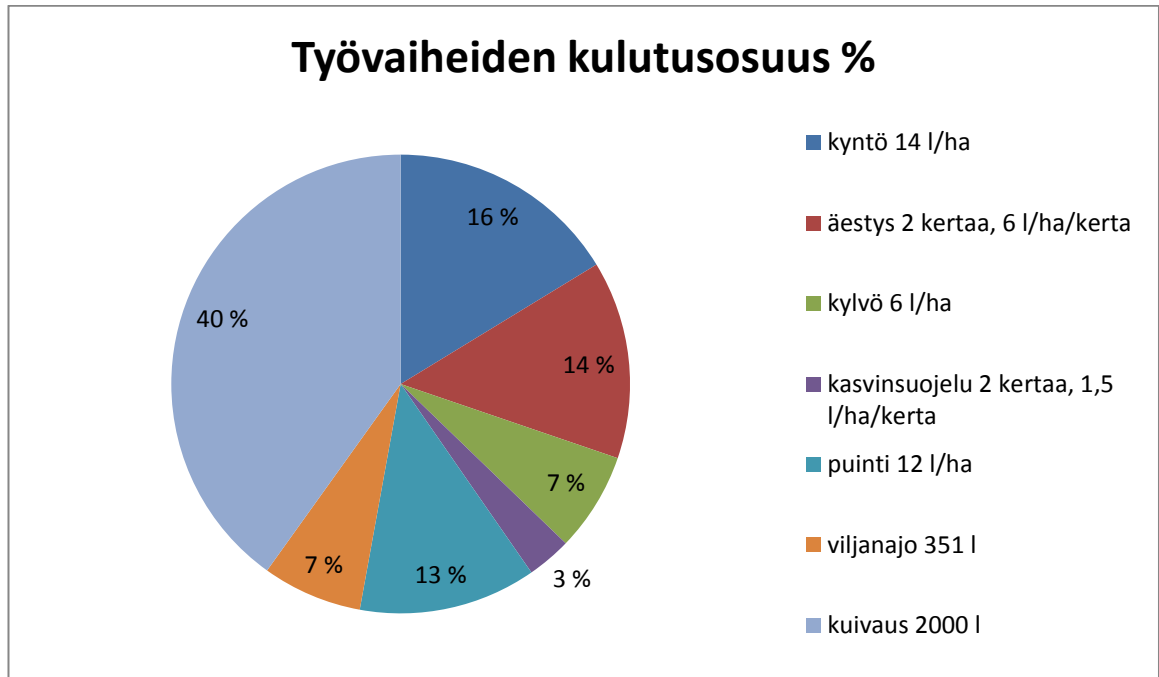
Kuvio 9. Kasvukauden eri työvaiheisiin liittyvän tieajon kulutus (I/kasvukausi) tilalla 2

#### 4.4.3 Tila 3 (58 ha)

Tilalla 3 vuosittainen energiankulutus on ollut noin 93 000 kWh/v. Kulutuksessa on vuosittaista vaihtelua, kuten kaikilla muillakin tutkimustiloilla. Öljynkulutus koostuu käytännössä pelkästään viljelystä, sähkön osuus sisältää sekä yksityistalouden että viljelyn kulutuksen. Sähkönkulutus koostuu pääosin tilan asuinrakennuksen lämmittämisestä.

Kuviossa 10 on esitetty tilan 3 työvaihekohtainen öljynkulutuksen jakauma. Viljan-kuivauksen kulutukseksi tila on arvioinut 2000 litraa/vuosi, joka on vajaa puolet viljelyn öljynkulutuksesta. Kuten on jo aikaisemmin todettu, viljankuivauksessa energiankulutus vaihtelee vuosittain olosuhteiden mukaan. Näin on tilanne myös tilan 3 tapauksessa. Laskennassa käytetty keskikosteus puidulle viljalle on 18 % jonka mukaan 2000 litraa/vuosi on yleensä toteutunut.

Peltotyövaiheissa tila on itse seurannut ja mitannut polttoaineenkulutusta traktoriin jälkiasennettavalla järjestelmällä (virtausmittari + näyttöyksikkö ja seurantaohjelma tietokoneelle). Kuviossa 10 esitetyt hehtaarikulutukset ovat siis pääasiassa tilan suoraan ilmoittamia.

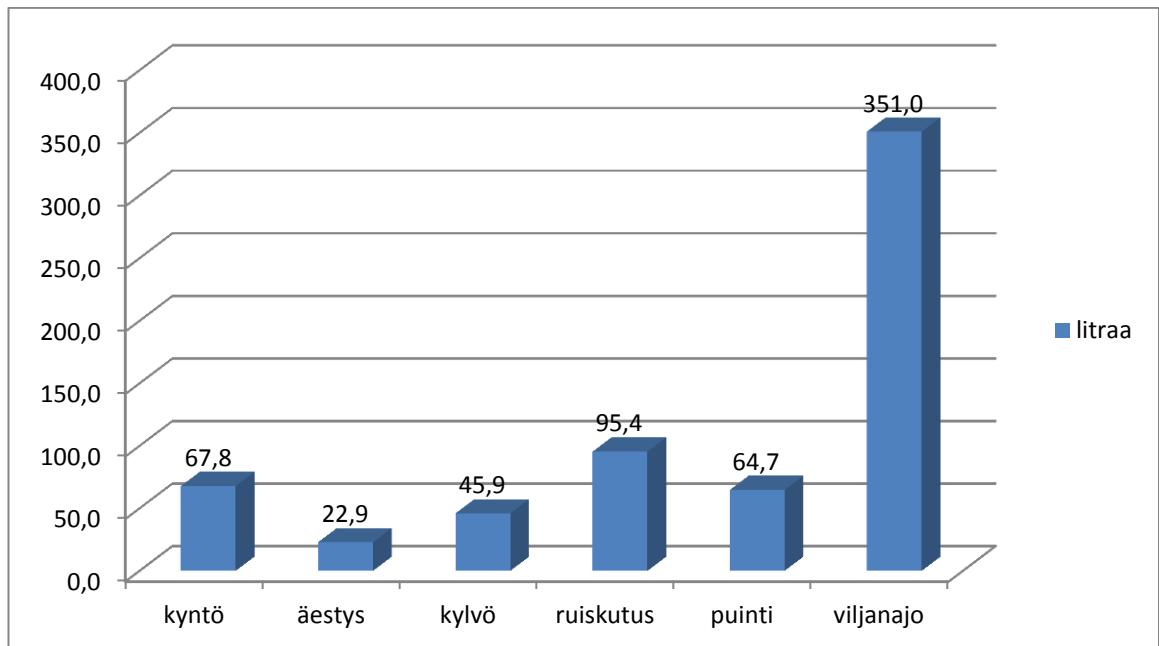


Kuvio 10. Öljynkulutuksen jakautuma työvaiheittain. Selitteen perässä oleva luke-ma kertoo kunkin kulutuskohteen laskentaperusteen.

Tilan tieajon määrä on ollut 1431 km vuodessa ja polttoainetta on kulunut 626 litraa (Taulukko 7). Tilan pelloista puolet sijaitsee 32 km päässä tilakeskuksesta, ja tiekulutus muodostuukin käytännössä kokonaan näille lohkoille ajoista. Tiekulutuksen laskennassa käytetyt polttoaineenkulutukset (l/100 km) on esitetty taulukossa 1 sivulla 31.

Viljanajon osuus on hieman yli puolet koko tiekulutuksesta, 351 litraa peltotyövaiheiden tiekulutuksen ollessa 274 litraa. Peltotyövaiheiden osalta kulutus jakautuu suhteellisen tasaisesti. Eniten polttoainetta kuluu kynnön ja kylvön tieajoon, ja vähiten äestysten (Kuvio 11), mikä johtuu siitä, että osa siirtymistä ajetaan autolla traktorin jäädessä pellolle. Kylvössä kylvötarpeet (siemen, lannoite) ajetaan 32 km päässä sijaitseville lohkoille kahdessa erässä perävaunulla, jolloin

täyttöjä varten ei tarvitse ajaa tilakeskukseen. Ruiskutuksessa täytöt suoritetaan 2 km päässä lohkoilta, ja nämä siirtymät on huomioitu laskelmassa.



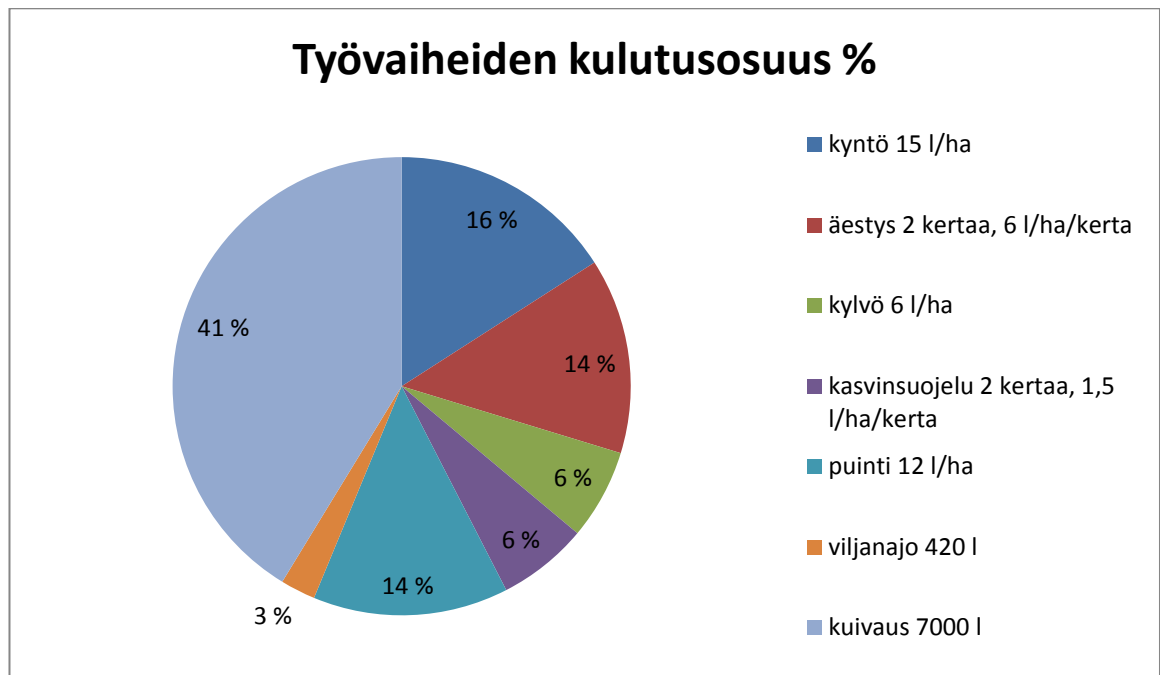
Kuvio 11. Kasvukauden eri työvaiheisiin liittyvän tieajon kulutus (l/kasvukausi) tilalla 3

#### 4.4.4 Tila 4 (195 ha)

Tilan 4 vuosittainen energiankulutus on ollut n. 260 000 kWh sisältäen viljelyn ja yksityistalouden kulutuksen. Suurilla tiloilla viljelyn öljynkulutus on jo merkittävä energian kokonaiskulutuksesta yksityistalous mukaan lukien, tilan 4 tapauksessa osuus on 73 %. Sähkön osuus on tilalla vähäinen suhteessa kokonaiskulutukseen, ja sähkö jakautuu lähes 50/50 suhteessa tuotannon ja yksityistalouden välillä. Puuenergiaa käytetään asuinrakennuksen lämmittämiseen öljyn täydennyksenä.

Tilan 4 työvaihekohtaisen öljynkulutuksen jakauma noudattelee samaa kaavaa kuin tilalla 3. Tilakoon kasvu (noin kolminkertainen pinta-ala verrattuna tilaan 3) ei näytä suuremmin muuttavan jakaumaa. Pellolla tehtävien töiden osuus näyttää

pysyvän aika vakiona tilakoosta riippumatta, ja erot syntyvät viljankuivauksesta ja kohdistamattoman öljynkulutuksen määrästä.

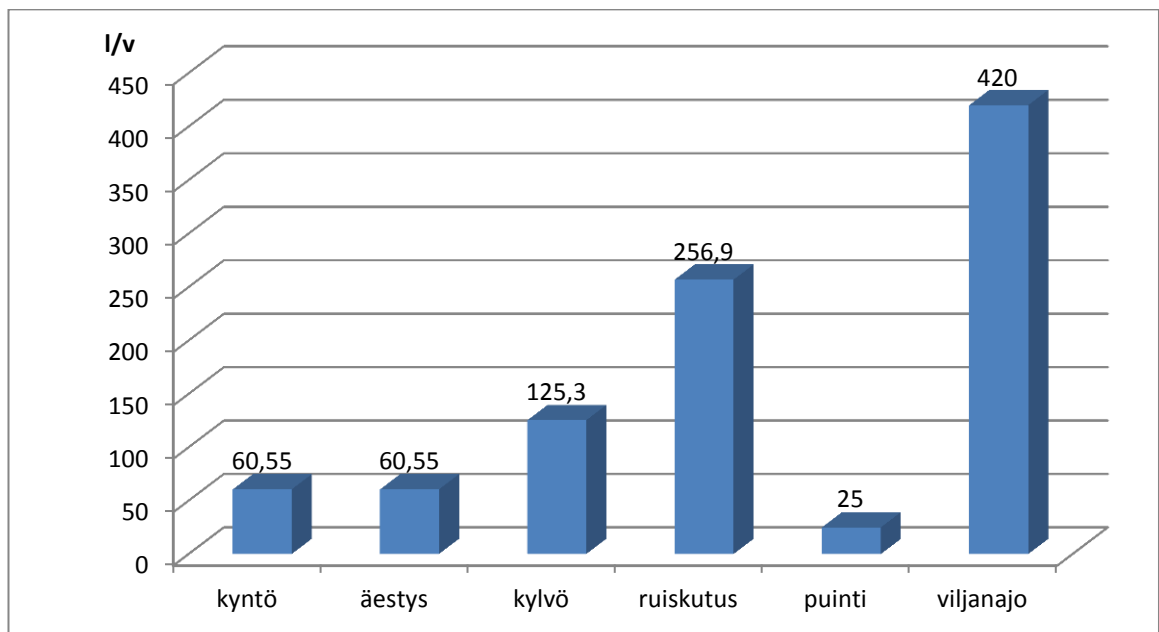


Kuvio 12. Öljynkulutuksen jakautuma työvaiheittain. Selitteen perässä oleva luke-ma kertoo kunkin kulutuskohteen laskentaperusteen.

Tilan tieajon määrä on ollut 2329 kilometriä vuodessa ja polttoainetta on kulunut 949 litraa (Taulukko 7). Tilan lohkot sijaitsevat 0 - 15 km säteellä tilakeskuksesta, ja ne on laskentaa varten luokiteltu etäisyysluokkiin jotka ovat tilakeskuksesta katsottuna 0,5 km (25 ha rypsi), 3 km (61 ha kaura), 6,5 km (86 ha ohra) ja 15 km (8,3 ha kaura). Vilja- ja öljykasvien pinta-ala on yhteensä 180 ha. Viljelykasvijaottelu on tehty tilan tyypillisen viljelysuunnitelman mukaan. Tiekulutuksen laskennassa käytetyt polttoaineenkulutukset (l/100 km) on esitetty taulukossa 1 sivulla 31.

Kuviossa 13 on esitetty tilan tiekulutuksen jakauma työvaiheittain. Kuviosta nähdään, että suurin osa tieajon kulutuksesta koostuu viljanajosta pelloilta kuivuriin. Kyntö on työmenetelmistä selvästi hitain jonka vuoksi työpäiviä tarvitaan enemmän eli lohkoille ajetaan useammin, mutta kulutuksessa ei ole eroa verrattuna äestykseen ja kylvöön. Tämä johtuu siitä, että vaikka äestysten

työsaavutus on noin puolet suurempi kuin kynnön, kaksi työkertaa nostaa tieajon määrän samaan kynnön kanssa. Myös kylvö on työmenekiltään noin puolet suurempi, mutta täyttösiirtymät tilalle ja takaisin lohkoille lisäävät tieajoa, kuten myös ruiskutuksessa. Puinnissa oletuksena on, että puimuri jää aina yöksi pellolle. Tästä johtuen ajokertoja tulee vain kerran lohkoille ja takaisin ja näin ollen tiekulutus jää pieneksi.



Kuvio 13. Kasvukauden eri työvaiheisiin liittyvän tieajon kulutus (l/kasvukausi) tilalla 4

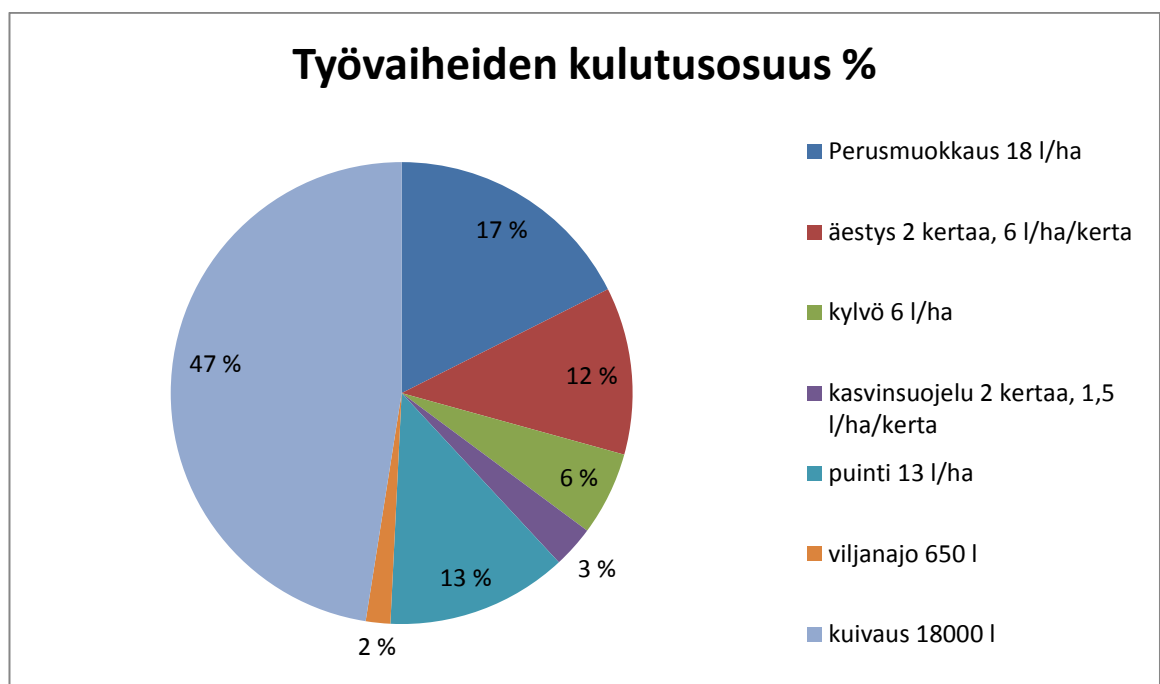
#### 4.4.5 Tila 5 (430 ha)

Tilan 5 vuosittaisesta kokonaisenergiasta lähes 100 % kuluu viljelyyn. Suurella, yli 400 hehtaarin tilalla kuluu energiaa eli käytännössä öljyä runsaasti sekä peltotöihin että viljankuivaukseen yksityistalouden kulutukseen verrattuna.

Kuviossa 14 on tilan työvaihekohtainen öljynkulutuksen jakauma. Tila poikkeaa tilakooltaan selvästi muista, ollen yli puolet suurempi kuin tutkimuksen toiseksi



suurin tila ja selvästi suurempi kuin kaikki muut tilat yhteensä. Silti työvaihekohtaisessa kulutusjakauksessa ei ole suuria eroja verrattuna esimerkiksi tilakooltaan lähimpänä olevaan tilaan 4, vaikka tila poikkeaa myös viljelytavaltaan muista muokkaustöiden osalta pääasiallisten perusmuokkausmenetelmien ollessa kultiointi ja lautasmuokkaus. Kyntöä tulee vuosittain muutamia kymmeniä hehtaareja. Kylvömuokkaus tehdään äestämällä, kuten muillakin tiloilla, joten sen kulutus on samassa suhteessa muiden tilojen kanssa, samoin kuin kylvön. Viljakuivauksen osuus on suurin kaikista tiloista, 6 prosenttiyksikköä enemmän kuin seuraavaksi suurin kulutus tilalla 4.

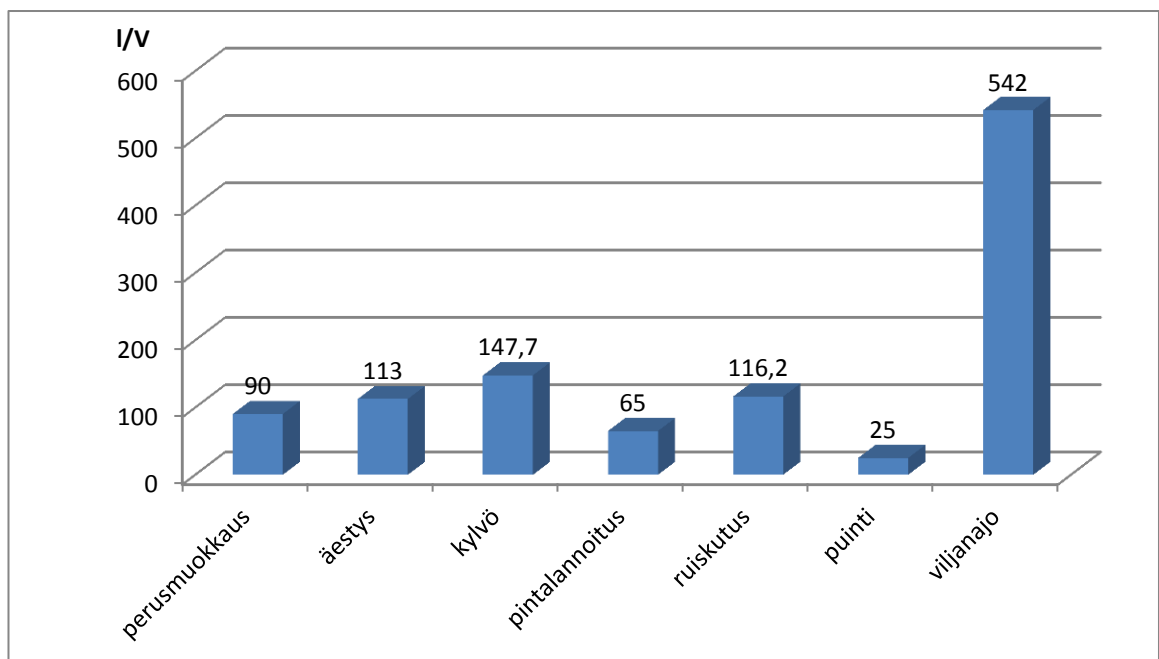


Kuvio 14. Öljynkulutuksen jakautuma työvaiheittain. Selitteen perässä oleva luke-  
ma kertoo kunkin kulutuskohteen laskentaperusteen.

Tilan tieajon määrä on ollut 2653 kilometriä vuodessa ja polttoainetta on kulunut 1099 litraa (Taulukko 7). Tilan lohkot sijaitsevat 0 - 13 km säteellä tilakeskuksesta. Lohkot on laskentaa varten luokiteltu etäisyysluokkiin, jotka tilakeskuksesta mitattuna ovat 2 km (46 ha kaura), 3 km (150 ha vehnä), 7 km (130 ha ohra) ja 13 km (45 ha rapsi). Vilja- ja öljykasvien pinta-ala on yhteensä 371 ha. Viljelykasvijaottelu on tehty tilan tyypillisen viljelysuunnitelman mukaan. Tiekulutuksen laskennassa käytetyt polttoaineenkulutukset (l/100 km) on esitetty

taulukossa 1 sivulla 31.

Kuviossa 15 on esitetty tilan tiekulutuksen jakauma työvaiheittain. Perusmuokkauksen osuus sisältää kynnön, kultivoinnin ja lautasmuokkauksen osuudet. Kuten muillakin tiloilla, myös tilalla 5 viljanajo kuluttaa valtaosan tieajossa kuluva polttoaineesta. Vaikka matkat lohkoille ovat keskimäärin lyhyitä ja viljanajossa käytettävät perävaunut tilavuudeltaan isoja (keskitilavuus 250 hl), sadon määrä (2 miljoonaa kiloa) aiheuttaa, että kuormien määrä suuri (105 täyttä kuormaa). Puinnin pientä kulutusta selittää se, että laskelma olettaa puimurin jäävän aina päivän päätteeksi pellolle odottamaan työn jatkumista seuraavana päivänä, eli puitaville lohkoille ajetaan vain kerran.



Kuvio 15. Kasvukauden eri työvaiheisiin liittyvän tieajon kulutus (l/kasvukausi) tilalla 5

## 4.5 Tiekulutuksen alentamiskeinot

### 4.5.1 Muutokset tilusrakenteessa

Tilusrakennetta muutettiin laskennallisesti neljän tilan osalta siten, että kaikki lohkot olisivat enintään 2 km päässä tilakeskuksesta. Jokaisella tutkimustilalla oli jo lähtötilanteessa peruslohkoja tilakeskuksen välittömässä läheisyydessä, joten nämä peruslohkot pidettiin ennallaan ja muutettiin kauempana sijaitsevia peruslohkoja laskennallisesti niin, että ne sijaitsisivat enintään 2 km päässä. Tällainen muutos olisi joillakin tiloilla todellisuudessa mahdollinen tilusjärjestelyjen kautta, riippuen tilan peltopinta-alasta ja sijainnista. Hiironen tutkimuksessa tilusjärjestelyalueiden keskimääräinen viljelyetäisyys tilusjärjestelyn jälkeen oli 3,3 km (ennen 3,41 km). Tilojen peltopinta-ala pidettiin muutoksessa ennallaan. Tilan 2 tilusrakennetta ei muutettu, koska tilusrakenne on nykyisellään melko optimaalinen viljelyetäisyyden ollessa vain 1,38 km. Tila on kuitenkin referenssinä mukana taulukoissa 7 ja 8.

Taulukossa 8 on esitetty tutkimustilojen nykyinen keskimääräinen viljelyetäisyys ja uusi laskennallinen viljelyetäisyys tilusrakennemuutoksen jälkeen. Taulukossa 9 on esitetty tieajon (km) sekä tiekulutuksen (litraa) muutos. Tilusrakennemuutoksen myötä tieajon määrä on vähentynyt jokaisella tilalla 50 - 88 %, ja tiekulutus on pienentynyt 41 - 89 %. Tutkimustilalla 1 tiekulutus on melko pieni (80 l) jo ennen tilusrakennemuutosta, joten vaikka tiekulutuksen lasku on prosentissa merkittävä, niin absoluuttisesti mitattuna puhutaan vain muutamasta kymmenestä litrasta. Tilanne on toinen tutkimustiloilla 3, 4 ja 5, joiden absoluuttinen tiekulutus ennen tilusrakennemuutosta on 626 - 1207 litraa. Näillä tiloilla myös prosentuaalinen tiekulutuksen muutos on merkittävä. Tilusrakennemuutoksen myötä sekä tieajon (km) prosentuaalinen osuus että tiekulutuksen (litraa) prosentuaalinen osuus muuttuvat suurin piirtein samassa suhteessa, koska koneketjuja ei muutettu, vaan koneet ja työtävät säilyivät ennallaan.

Tutkimustila	Viljelyetäisyys perustilanteessa km	Uusi viljelyetäisyys km
tila 1	2,6	1,1
tila 2	1,38	-
tila 3	10,7	0,7
tila 4	5,6	1,25
tila 5	6,25	1,28

Taulukko 8. Tutkimustilojen keskimääräiset viljelyetäisyydet nykytilanteessa ja laskennallisessa enimmillään 2 km ajomatkan käsittävässä tilanteessa.

Tutkimustila	Tieajo perustilanteessa km	Tiekilometrit muutoksen jälkeen	Tiekulutus perustilanteessa litraa	Tiekulutus muutoksen jälkeen
tila 1	200	112	80	47
tila 2	221	-	105	-
tila 3	1431	177	626	71
tila 4	2329	625	949	256
tila 5	2653	474	1099	197

Taulukko 9. Tiekulutus nykytilanteessa ja laskennallisessa enimmillään 2 km ajomatkan käsittävässä tilanteessa.

#### 4.5.2 Muutokset viljelytavassa

Viljelytavan vaikutusta tiekulutukseen tutkittiin esittämällä tutkimustiloille vaihtoehtoisia toimintatapoja jotka olivat koneiden kokoluokan pienentäminen (tila 1), lannanlevityksen aloittaminen (tila 4), aitosuorakylvö koko pinta-alalla (tilat 1, 2 ja 3) sekä suorakylvö kevennetyn muokkauksen jälkeen 70 % pinta-alalla (tila 5). Vaihtoehtoisiksi pyrittiin valitsemaan sellaisia viljelytapojen muutoksia, joilla oletettiin olevan vaikutusta tutkimustilojen tieajon määrään ja tiekulutukseen, ja joista ainakin osa olisi myös mahdollista toteuttaa tiloilla.

Tilalla 1 haluttiin selvittää, kuinka suuren edun suuremmilla koneilla viljely tuo työtehokkuuteen ja sitä kautta tieajon määrään ja tiekulutukseen, verrattuna ”normikokoisiin” koneisiin. Koneiden muutokset on esitetty taulukossa 10.

Nykyinen	Muutos
Kääntöaurat 5-siipeä	Kääntöaurat 4-siipeä
Joustopiikkiäes 6 m	Joustopiikkiäes 4 m
Kylvölannoitin 3 m	Kylvölannoitin 2,5 m
Ruisku 20 m säiliö 1200 l	Ruisku 16 m säiliö 800 l
Puimuri 3,6 m	Puimuri 3 m
Perävaunu 128 hl	Perävaunu 100 hl

Taulukko 10. Koneiden muutokset

Pienemmillä koneilla viljeltäessä tieajon määrä ja tiekulutus kasvaisi n. 10 % (Taulukko 11). Vaikutus näyttäisi siis olevan melko pieni. Tämä taas johtunee tilan hyvästä tilusrakenteesta, kaikki peruslohkot sijaitsevat alle 5 km päässä joten vaikka pienemmillä koneilla työsaavutus on pienempi ja täyttösiirtymiä (kylvö, kasvinsuojeluruiskutus) tulee enemmän, niiden vaikutus tieajon määrään ja tiekilometreihin ei ole merkittävä.

Tilalla 4 tutkittiin lannanlevityksen aloittamisen vaikutusta tiekulutukseen. Laskelman mukaan tila korvaisi osan (noin puolet) kevätlannoituksesta sian lietteellä (yhteensä 1290 m<sup>3</sup>), levitysmäärän ollessa 15 m<sup>3</sup>/ha. Määrä on laskettu niin, että se riittää ohra-alalle joka on 86 ha eli noin puolet tilan viljelypinta-alasta. Levityskalustona on 12 m letkulevitin 12 m<sup>3</sup> säiliöllä. Oletetaan, että täyttö suoritettaisiin tilan naapurissa sijaitsevalla sikatilalla josta liete vastaanotetaan, jolloin etäisyys pelloille olisi käytännössä sama kuin itse tilalta. Koko ohra-alan levittämiseksi tarvitaan 107 kuormaa. Koska jokaista täyttöä varten joudutaan ajamaan naapuritalalle, kertyy kilometrejä 6,5 km etäisyydeltä yhteensä 1391 km. Lannanlevitystyön aiheuttama kasvu tilan tiekulutukseen on esitetty taulukossa 11. Lannanlevityksessä syntyy täyttösiirtymistä johtuen paljon tieajoa, joten kasvu tiekulutuksessakin on melko iso, lähes 60 %. Jos tila toteuttaisi lannan

vastaanoton tämän vaihtoehdon mukaan, sen tulisikin kannattavuutta arvioidessaan keinolannoitesäästöjen lisäksi huomioida polttoainekulut, joista tiekulutus on merkittävä osa.

Tilalla 5 tutkittiin osittaisen suorakylvön vaikutusta tiekulutukseen nykyiseen viljelytapaan verrattuna, joka on tavanomainen kylvölannoitus osin kynnetylle ja osin kevennetysti muokatulle, sekä sen jälkeen kahteen kertaan äestetylle maalle. Nykyiseen viljelytapaan verrattuna äestyskerrat siis jäävät pois, koska kylvö suoritetaan kevennetysti muokattuun peltoon. Laskelmassa n. 2/3 osaa on siirretty suorakylvöön, ja lopulla alalla kylvömuokkausketjuna on kyntö + äestys ja tavanomainen kylvö. Muutosten vaikutus on esitetty taulukossa 11. Tiekulutus pienenisi n. 8 % joten muutos ei ole kovin iso, mutta osoittaa kuitenkin että suorakylvössä vähemmän työvaiheita tarkoittaa vähemmän tieajoa ja pienempää polttoaineenkulutusta. Lisäksi on huomioitava ajansäästö äestyskertojen jäädessä pois osalla pinta-alasta.

Tutkimustiloilla 1, 2 ja 3 selvitettiin 100 %:en aitosuorakylvöön siirtymisen vaikutus tiekulutukseen. Tehtiin siis oletus, jonka mukaan koko viljelypinta-ala kylvettäisiin suoraan sänkeen, ilman minkäänlaista perus- tai kylvömuokkausta. Tällä tavoin voitiin olettaa, että tieajon määrä vähenisi 2 - 3 työvaiheen (tilalla 1 myös jyräys) jäädessä pois. Toisaalta suorakylvöön siirtymisen myötä kasvinsuojelun tarve usein kasvaa, ja kaikille tiloille lisättiin kolmas ruiskutuskerta. Suorakylvökoneina laskennassa käytettiin tiloilla 1 ja 2 työleveydeltään 2,5 m suorakylvökonetta (3 ha yhdellä täytöllä), ja tilalla 3 työleveydeltään 4 m konetta (5 ha yhdellä täytöllä).

Muutosten vaikutus on esitetty taulukossa 11. Suorakylvöön siirtymisestä puhtaasti tiekulutuksen mukaan näyttäisivät eniten hyötyvän tilat 1 ja 2, joiden polttoainesäästöt olisivat 31 % ja 28 %, tilan 3 säästön jäädessä 11 %:in. Tulos on sikäli mielenkiintoinen, että selvästi pisimmän viljelyetäisyyden omaavan tilan 3 tiekulutuksen säästö jää pienemmäksi kuin tilan 1, jonka viljelyetäisyys on monin verroin lyhempi. Tämä silti, vaikka tilalle 3 valittiin isompi ja paremman työsaavutuksen omaava suorakylvökone. Korkeiksi jääviin kilometrilukemiin onkin

syynä pitkä viljan siirtomatka tilan toiselta peltokeskittymältä 30 km etäisyydeltä.

Tutkimustila	Tieajo perustilanteessa km	Tiekilometrit muutoksen jälkeen	Tiekulutus perustilanteessa litraa	Tiekulutus muutoksen jälkeen
tila 1, koneiden kokoluokan pienentäminen	200	223	80	89
tila 4, lannanlevityksen aloittaminen	2329	3598	949	1740
tila 5, suorakylvöön (70 %) siirtyminen	2653	2373	1099	1001

Taulukko 11. Viljelytavan muutoksen vaikutus tiekulutukseen kolmella tilalla

Tutkimustila	Tieajo perustilanteessa km	Tiekilometrit muutoksen jälkeen	Tiekulutus perustilanteessa litraa	Tiekulutus muutoksen jälkeen
tila 1	200	158	80	55
tila 2	221	211	105	76
tila 3	1431	1367	626	603

Taulukko 11. Suorakylvöön siirtymisen vaikutus tiekulutukseen tiloilla 1, 2 ja 3

#### 4.5.3 Rengaspaineet ja kujetuskalusto

Rengaspaineiden ja kuljetuskaluston vaikutusta tiekulutukseen tutkittiin tiloilla 3 ja 5 laatimalla vaihtoehtoiset laskelmat rengaspaineiden muutoksesta nykykalustolla (tila 5) ja kuorma-auton käytöstä viljan kuljetustyössä (tila 3).

Tilalle 5 laadittiin laskelma, jossa traktorin rengaspaineita nostettaisiin peltotyövaiheiden siirtymiä varten ”maantiepaineille” eli n. 1,5 bariin tavanomaisen peltotyöhön soveltuvan 0,5 - 1 barin sijaan. Udompetaikulin ym. (2009) tutkimuksessa tasisella asfalttitiellä rengaspaineiden nosto 0,62 barista 1,59 bariin alensi polttoainenkulutusta 10,9 %. Tutkimuksen mukaan kuormalla ei ollut juuri merkitystä kulutukseen. Tehtiin oletus, jonka mukaan tila nykytilanteessa ajaa kaikki ajot samoilla, n. 0,5 - 0,6 barin rengaspaineilla, mutta aikoo jatkossa nostaa rengaspaineet siirtymiä varten 1,5 bar tasolle.

Viljanajossa tila käyttää vankkurimallista perävaunua, jolla on aisapainon puuttuessa mahdollista ajaa täydelläkin kuormalla edellä mainituilla 0,5 - 0,6 bar paineilla, joka taas olisi tavanomaisella perävaunulla mahdotonta suuren aisapainon vuoksi. Käytännössä ongelmaksi muodostuisi kantavuuden loppuminen tai traktorin pomppiminen. Tila on siis oletuksena ajanut viljan vankkurimallisella perävau- nulla pienillä paineilla, mutta nostaa nyt traktorin rengaspaineita 1,5 bar tasolle. Vaihtoehtoisessa laskelmassa peltotyövaiheiden tiekulutusta pienennettiin Udom- petaikulia ym. (2009) mukaillen 8 - 10 %:a arvosta 35 l/100 km -> 32 l/100 km ja viljan siirtoajon tiekulutusta arvosta 50 l/100 km -> 45 l/ 100 km. Tilan tiekulutus (ilman puimurin tieajon kulutusta) ennen rengaspaineiden nostoa oli 1074 litraa, ja siitä viljan siirtoajon osuus oli n. 55 %. Nostettaessa rengaspaineet 1,5 bar tasolle kokonaiskulutus laski 999 litraan (Taulukko 12). Puimurin osalta rengaspaineita ja kulutusta ei muutettu, koska sen osuus tiekulutuksesta on hyvin vähäinen (10 - 15 %) ja polttoainesäästöjen mahdollisuus hyvin pieni.

Tutkimustila	Tieajo perustilanteessa km	Tiekilometrit muutoksen jälkeen	Tiekulutus perustilanteessa litraa	Tiekulutus muutoksen jälkeen
Tila 5, rengas- paineiden nos- taminen	2653	2653	1207	1096

Taulukko 12. Rengaspaineiden vaikutus tiekulutukseen tilalla 5



Kuten laskelma osoitti, rengaspaineilla on merkitystä tiekulutukseen ja niitä mahdollisuuksien mukaan nostamalla voidaan saavuttaa polttoainesäästöjä. Tämä tarkoittaisi kuitenkin käytännössä sitä, että lähestulkoon kaikki ajot tulisi ajaa samoilla rengaspaineilla, koska rengaspaineiden muuttaminen tieltä pellolle ja takaisin siirryttäessä olisi työlästä ilman tähän tarkoitukseen hankittuja, usein kalliita järjestelmiä. Koska tilojen tiekulutuksesta iso osa syntyy viljan kuljetustyöstä, voisi polttoainesäästöjen saavuttaminen olla mahdollista käyttämällä viljanajossa kuorma-autoa. Kuorma-auton rengaspaineet ovat tyypillisesti 6 - 8 bar, ja se onkin tieajossa traktoria taloudellisempi ja nopeampi tiekulutuksen ollessa ilman perävaunua 15 - 35 l/100 km kuormasta riippuen.

Kuorma-auton käyttöä varten laadittiin laskelma, jossa tila 3 alkaisi käyttää viljanajossa pelkästään kuorma-autoa. Kuorma-autoksi valittiin 3-akselinen auto, jonka sallittu kokonaismassa on lainsäädännön mukaan 26 000 kg. Tällöin suurin mahdollinen kuorma olisi noin 15 - 16 tonnia. Lavatilavuudeksi määritettiin 200 hl joten käytännössä yhden täyden, puintikostean viljakuorman painoksi muodostuu n. 12 tonnia. Auton kulutukseksi määritettiin 30 l/100 km (tyhjien ja täysien kuormien keskiarvo). Nykytilanteessa tila 3 ajaa sadon pelloilta kuivuriin perinteisesti traktori + perävaunuyhdistelmällä. Kilometrejä tästä on syntynyt 703 ja polttoainetta on kulunut 351 l. Jos viljanajoon käytettäisiin kuorma-autoa, työ nopeutuisi kuorma-auton suuremman nopeuden ja isomman kuormatilavuuden ansiosta, ja oletuksena oli että myös polttoainetta kuluisi vähemmän.

Laskelman mukaan kuorma-autoa käytettäessä viljankuljetuksen tieajo vähenisi 644 kilometriin ja polttoaineenkulutus pienenesi 161 litraan, ja säästö koko tuotantoprosessin tiekulutuksessa olisi n. 30 % (Taulukko 13). Huomionarvoista on myös se, että suuremman kuormatilavuuden ansiosta siirrettävien kuormien määrä on hieman pienempi (22 vs. 24) ja tämä nopeuttaa työtä kuorma-auton suuremman nopeuden ohella.

Oletus pienemmästä polttoaineenkulutuksesta kuorma-autoa käytettäessä pitää siis paikkansa, mutta on kuitenkin huomioitava, että kuorma-auton polttoaine (diesel) on kalliimpaa kuin traktorin (polttoöljy), joten rahallinen säästö jää

pieneksi. Toisaalta etu kuorma-auton hyväksi kasvaa, jos sitä käytetään myös viljan myynnistä johtuviin ajoihin erityisesti kaukana sijaitseville viljan vastaanottopisteille.

Tutkimustila	Tieajo perustilanteessa km	Tiekilometrit muutoksen jälkeen	Tiekulutus perustilanteessa litraa	Tiekulutus muutoksen jälkeen
Tila 3, viljankuljetus kuorma- autolla	1431	1372	626	468

Taulukko 13. Kuorma-auton käyttö viljankuljetuksessa, vaikutus tiekulutukseen

#### 4.5.4 Ajotapa ja vaihteisto

Tilalla 4 tutkittiin ajotavan vaikutusta tiekulutukseen. Ajotapaan vaikuttaa traktorin voimansiirron ja vaihteiston tyyppi. Esimerkiksi portaattomalla vaihteistolla varustettu traktori vähentää kuljettajan vaikutusta polttoainekulutukseen, kun taas portaallisella vaihteistolla varustetulla traktorilla ajettaessa kuljettajan merkitys on suurempi. Uppenkampin (2006) mukaan ajettaessa 80 % kierrosluvulla maksimikierrosluvusta voidaan saavuttaa 8 - 36 % polttoainesäästö moottorin kuormitusasteesta riippuen. Tieajossa kuormitusaste vaihtelee kuorman ja reitin mukaan. Mitä raskaampi kuorma ja mäkisempi reitti ovat, sitä suurempi kuormitusaste ja suurempi polttoaineenkulutus. Vaihtoehtoisessa laskelmassa kuormitusaste on määritetty erikseen peltotyövaiheille ja viljanajolle.

Tilalla 4 on kolme traktoria säännöllisessä käytössä. Traktoreiden vuosimallit ovat 2003, 1998 ja 1987, ja tehoiltaan ne ovat 103, 96 ja 77 kW. Pääasiallisessa käytössä ovat kaksi uudempaa traktoria, ja tässä laskelmassa niiden käyttöaste jakautuu tasan 50/50. Uudemman traktorin vaihteistossa on 36 vaihdetta + suunnanvaihdin sekä kolme pikavaihdetta, ja vanhemmassa on myös 36 vaihdetta + suunnan-

nanvaihdin, mutta vain yksi pikavaihde. Molemmat vaihteistotyypit antavat siis kuljettajalle mahdollisuuden vaikuttaa polttoaineenkulutukseen kierroslukua alentamalla.

Oletetaan ensinnäkin, että kuljettaja on tähän asti ajanut aina täysillä kierroksilla, mutta pyrkii jatkossa ajamaan alennetulla kierrosluvulla joka on keskimäärin 80 % maksimikierroksista. Oletus perustuu siihen, että kaikki siirtymät ovat sellaisia teitä, joilla täydellä kaasulla ja nopeudella ajaminen on ollut mahdollista. Molempien traktorien kuormitusaste peltotöiden siirtoajossa voisi olla esimerkiksi keskimäärin 30 %, ja viljan siirtoajossa keskimäärin 50 %. Tällöin Uppenkampia (2006) mukailen saavutettava polttoainesäästö peltotöiden siirtoajossa olisi n. 12 %, ja viljan siirtoajossa n. 20 %. Peltotyösiirtymissä polttoaineenkulutus pienenesi 528 litrasta 465 litraan, ja viljan siirtoajossa 420 litrasta 336 litraan. Vaikka tiekulutus pienenee, tulee huomioida kierrosluvun alentamisen ja nopeuden pienenenemisen seurauksena syntyvä ajoajan piteneminen. Puimuria ei laskelmassa huomioitu, koska sen osuus tiekulutuksesta on hyvin vähäinen.

## 5 YHTEENVETO

### 5.1 Tulosten yhteenveto

Tutkimustilojen vuosittainen kasvinviljelyn tuotantoprosessista aiheutuva tiekulutus vilja- ja öljykasvien viljelypinta-alaan suhteutettuna vaihteli välillä 3 - 11,7 l/ha. Suurin menekki (11,7 l/ha) oli tilalla 3, jonka pelloista puolet sijaitsee 32 km päässä tilakeskuksesta. Tieajon tarve on siis väistämättä suuri pitkän viljelyetäisyyden vuoksi. Suurimmalla tilalla, eli tilalla 5, tiekulutus hehtaaria kohti oli pienin (3 l/ha). Tilan keskimääräinen viljelyetäisyys on tilan kokoon nähden lyhyt, 6,25 km.

Viljelyetäisyys vaikutti merkittävästi tiekulutukseen, mutta ei kuitenkaan täysin suoraviivaisesti. Esimerkiksi tiloilla 1 ja 2 viljelyetäisyydet ovat pienimmät (2,6 ja 1,38 km), mutta tiekulutus hehtaaria kohti on suurempi tai yhtä suuri kuin tiloilla 4 ja 5 jotka ovat hehtaarikooltaan moninkertaisia, ja joiden viljelyetäisyys on selvästi suurempi (5,6 ja 6,25 km). Samankaltaisia tuloksia saadaan, kun verrataan tiekulutusta peltotöiden polttoaineenkulutukseen. Tiekulutuksen osuus on pienimmillään tilalla 5 (6 % kokonaiskulutuksesta) ja suurimmillaan tilalla 3 (24 %). Muilla tiloilla prosenttiosuudet ovat 7 - 10 %. Kun lasketaan viljankuivauksen osuus mukaan vertailuun, tiekulutuksen osuudet ovat 3,2 - 13 % kokonaiskulutuksesta. Tilan 5 tiekulutus oli tässäkin pienin ja tilan 3 suurin.

Kun tarkastellaan tiekulutuksen osuutta koko tuotantoprosessin öljynkulutuksesta, näyttää siltä että tiekulutuksen osuus voi olla merkittävä erityisesti tapauksissa, joissa pellot sijaitsevat kaukana ja peruslohkojen hajonta on suuri. Tällöin viljelyetäisyys on suuri kuten tilalla 3 (10,7 km), ja tilan tiekulutus nouseekin lähes 15 %:iin koko tuotantoprosessin kulutuksesta. Tilusjärjestely on hyvä vaihtoehto tiekulutuksen pienentämiseen muiden järjestelystä syntyvien etujen (kuten ajansäästö) ohella, erityisesti jos tilan keskimääräinen viljelyetäisyys lyhenee. Jo pelkästään keskimääräisen lohkokoon kasvu saattaa vähentää siirtoajon tarvetta ja säästää polttoainetta.

Tilakoko vaikuttaa suoraan tiekulutuksen määrään silloin, kun tilojen tilussuhteet ovat samankaltaiset. Tutkimuksessa kävi ilmi, että tilan vuotuinen polttoaineen tiekulutus voi alentua merkittävästi, jos tilussuhteita voidaan parantaa oleellisesti. Tilusrakenteen lisäksi tiekulutukseen vaikuttavat viljelytapa, koneiden kunto sekä ajotapa.

## 5.2 Luotettavuuden arviointi

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida eri tavoin. Luotettavuuden mittareita ovat muun muassa reliaabelius eli mittaustulosten toistettavuus, ja validius eli tutkimuksen pätevyys. Reliaabelius voidaan todeta esimerkiksi siten, että kaksi henkilöä arvioi tutkimuksen ja päätyy samaan lopputulokseen. Joillakin tieteenaloilla on myös kansainvälisesti testattuja mittareita ja kvantitatiivisissa tutkimuksissa tilastollisia menettelytapoja reliabiliteetin toteutukseksi. Tutkimus on validi eli pätevä silloin, kun sen voidaan todeta mitanneen niitä asioita joita on ollut tarkoituskin. On tärkeää, että esimerkiksi haastattelututkimuksessa haastateltavat ovat ymmärtäneet kysymykset oikein, ja että tutkija ei käsittele tuloksia omien ajatustensa pohjalta. (Hirsjärvi ym. 2009, 231-232).

Tutkimushaastatteluissa käytettiin Maa- ja metsätalousministeriön maatilojen energiaohjelman esitietolomaketta. Tilan perustietojen lisäksi lomakkeessa oli valmiit pohjat asuinrakennusten, tuotantorakennusten ja koneiden energiankulutustiedoille sekä viljelysmaan käytölle (kasvijakauma, pinta-alat, etäisyydet tilalta), jolla varmistettiin että kaikilta tutkimustiloilta saadut tiedot tulevat kirjatuksi samalla tavalla. Lomakkeessa oli lisäksi kysymyksiä tilojen toteutetuista tai suunnitteilla olevista energia-investoinneista, sekä muun muassa mahdollisesta kone- tai kuivuri/lämpökeskusyhteistyöstä.

Haastattelujen kesto vaihteli 1 h 30 minuutista 4 tuntiin, riippuen haastateltavan perehtyneisyydestä ja valmistautumisesta, sekä myös persoonasta. Osa haastateltavista oli selvästi kiinnostunut aiheesta ja perehtynyt siihen jo valmiiksi, jolloin myös keskustelua syntyi runsaasti. Haastattelut eivät kuitenkaan karanneet aihealueen ulkopuolelle, vaan valmiiden kysymysten ja lomakepohjien ansiosta kes-

kustelu pysyi hyvin aiheessa. Haastatteluissa ei käytetty nauhuria, mutta haastattelija kirjasi avoimessakin keskustelussa esille tulleet seikat mahdollisimman tarkasti ylös, ja luotettavuuden parantamiseksi tietoja tarkennettiin useaan otteeseen jälkikäteen joko soittamalla tai sähköpostilla.

Tutkimuksen suurimmaksi haasteeksi osoittautui haastattelujen perusteella kerätyn tutkimusaineiston tarkkuus. Todellisen ja tarkan polttoainemenekin määrittämiseksi olisi tarvittu tiloilla mitattuja tai muuten todettuja kulutuslukemia, jollaisia ei kuitenkaan pääsääntöisesti ollut saatavilla. Tämän vuoksi analyysissa tutkimustilojen kulutuslukemat laskettiin myös alan tutkimuksista löytyvien pohjatietojen ja käytännön kokemusten perusteella, jotta tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia. Laskentatapa kavensi kuitenkin tilojen välisistä olosuhteista syntyvää variatiota. Haastattelut painottuivat tilojen yleisten energiankulutustietojen hankintaan, ja niinpä tutkimuskysymysten tarkentuessa jouduttiin lisätietoja kyselemään muutaman kerran.

Toisena haasteena oli tutkimustilojen pieni määrä, viisi tilaa mikä heikentää tulosten yleistettävyyttä. Kvalitatiivisen tutkimuksen kriteerit kuitenkin täyttyivät jo nykyisellä tilamäärällä ja haastatteluaineiston laajuudella.

### **5.3 Johtopäätökset**

Maatalouden energiankulutuksen kasvaessa on ryhdyttävä etsimään keinoja energialaskun pienentämiseksi. Yksittäisellä tilalla energiankulutus koostuu monesta eri lähteestä, joten myös energiatehokkuutta on mahdollista parantaa vähän kerrallaan tilkkimällä tilalla todettuja energjavuotoja. Tämä vaatii energiankulutuksen seuranta ja vertailua toisiin tiloihin, jotta tilan mahdollisiin energjavuotoihin voidaan puuttua.

Kasvinviljelytiloilla kuluu runsaasti polttoöljyä, sekä rakennusten lämmittämiseen ja viljan kuivaamiseen, että pellolla tehtäviin työvaiheisiin mukaan luettuna tieajo. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että kasvinviljelytilan tieajon määrä on suuresti riippuvainen tilusrakenteesta, ja jo ennestään tiedettiin, että ajotavalla on suuri

merkitys traktorin ja puimurin tiekulutukseen. Samoin huomattiin, että tiekulutuksen osuus jää melko maltilliseksi koko tuotantoon käytetystä polttoaineesta jos tilusrakenne ei ole poikkeuksellisen hajanainen.

Vaikka tiekulutuksen osuus oli neljällä tutkimustilalla viidestä vain muutama prosentti tuotantoon kuluneesta polttoaineesta, voitaisiin tiekulutuksen aiheuttaviin tekijöihin vaikuttamalla pienentää tiekulutuksen osuutta entisestään muun energiansäästön ohella. Osaan näistä tekijöistä voidaan vaikuttaa suoraan, esimerkiksi muuttamalla ajotapaa taloudellisempaan suuntaan, ja osaan välillisesti. Välillisistä vaikutuksista mainittakoon viljelytavan muutokset, esimerkiksi siirtymällä perinteisestä kylvöstä suorakylvöön, jolloin työvaiheiden määrä ja sen johdosta myös tieajon tarve tilalla vähenee. Kaikkein eniten tiekulutuksen suuruuteen vaikuttaa viljelyetäisyys, eli viljeltävien peruslohkojen sijainti ja etäisyys tilakeskukseen sekä toisiin peruslohkoihin nähden. Tällöin tilusjärjestely voi toimia yhtenä tiekulutuksen alentamiskeinona.

Tämä tutkimus vastasi osaltaan kysymykseen ”kuinka merkittävä tiekulutuksen osuus on kasvinviljelytilan tuotantoprosessin polttoaineenkulutuksesta”, mutta jättää tarpeen jatkotutkimukselle. Tarpeen voisi olla ainakin todellisen, tiloilla mitatun polttoaineenkulutuksen sekä tiekulutukseen vaikuttavien tilakohtaisten tekijöiden selvittäminen. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi kuljettajan ajotapa sekä koneiden kunto ja asetukset (esimerkiksi rengaspaineet). Näiden asioiden selvittäminen vaatisi tietenkin kattavat tutkimusjärjestelyt asennettavine mittareineen, sekä myös tutkittavilta tiloilta aikaa ja paneutumista aiheeseen.

Tämänkin tutkimuksen perusteella näyttäisi kuitenkin jo selvältä, että maataloilla joiden pellot sijaitsevat edes kohtuullisen matkan päässä, ei tiekulutuksen osuus ole erityisen merkittävä. Sen vuoksi mahdolliset jatkotutkimukset kannattaisikin suorittaa tiloilla, joiden tilusrakenne on hajanainen ja viljelyetäisyys pitkä. Näillä tiloilla olisi myös todennäköisesti löydettävissä säästökeinoja, joilla tiekulutusta pienennettäisiin merkittävästi työn tehokkuuden siitä kärsimättä, vaan päinvastoin energiatehokkuus ja työteho paranisivat samoilla toimenpiteillä.

## LÄHTEET

- Ahokas, J. 2011a. Energiatehokkaat maatalouskoneet: Energia-akatemia hankkeen aloitusseminaarin esityksiä. [viitattu 3.1.2013]. Saatavana: [http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/61/Energiatehokkaat%20maatalouskoneet\\_Ahokas%20Jukka\\_HY.pdf](http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/61/Energiatehokkaat%20maatalouskoneet_Ahokas%20Jukka_HY.pdf)
- Ahokas, J. 2011b. Maatalous ja energia. Energia-akatemia hankkeen julkaisuja. [Viitattu 23.1.2013], 13-19. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/49/EnergiaJaMaatalous.pdf>
- Ahokas, J. 2012a. Leikkuupuimurin polttoaineenkulutus. Energia-akatemia hankkeen julkaisuja. [Viitattu 17.1.2013], s. 10. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/59/Leikkuupuimurin%20polttoaineen%20kulutus.pdf>
- Ahokas, J. 2012b. Traktorit ja työkoneet: Energia-akatemia hankkeen julkaisuja. [Viitattu 5.2.2013], 26-38. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/54/TraktoritJaTyokoneet.pdf>
- Ahokas, J. 2012c. Viljankuivatuksessa säästöjä nopeasti: Energia-akatemia hankkeen julkaisuja. [Viitattu 4.2.2013]. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/48/Viljankäsittelyn%20tehostaminen%20tulevaisuuden%20yksiköissä.pdf>
- Ahokas, J. 2013. Maatilojen energiankäyttö, ENPOS-hankkeen tulokset. Department of Agricultural Sciences – Publications. University of Helsinki, Faculty of Agricultural and Forestry. Unigrafia 2013. [Viitattu 14.2.2013], 14-28.
- Ahokas, J & Hautala, M. 2012. Maatilakuivurit. Energia-akatemia hankkeen julkaisuja. [Viitattu 4.2.2013]. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/59/Maatilakuivurit.pdf>
- Ahokas, J & Mikkola, H. 2011. Maatalouden energiankäyttö ja energian säästäminen: Energia-akatemia hankkeen julkaisuja. [Viitattu 30.11.2012]. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/53/MaataloudenEnergiankayttoJaSenSaastaminen.pdf>
- Ahokas, J., & Mikkola, H. Polttoaineenkulutus peltotöissä: ENPOS-hankkeen julkaisuja. [Viitattu 6.3.2013]. Saatavana:



[http://enpos.weebly.com/uploads/3/6/7/2/3672459/polttoaineen\\_kulutus\\_peltoti ss.pdf](http://enpos.weebly.com/uploads/3/6/7/2/3672459/polttoaineen_kulutus_peltoti ss.pdf)

Arvidsson, J. 2010. Energy use efficiency in different tillage systems for winter wheat on a clay and silt loam in Sweden / Europ. J. Agronomy 33 (2010), 250-256.

Arvidsson, J. & Eriksson, E. 2010. IV. Dragkrafsbehov för primärbearbetning, sådd och såbäddsberedning. Teoksessa Arvidsson, J., Hillerström, O., Keller, T., Magnusson, M. & Eriksson, E.. Dragkrafsbehov och maskinkostnad för olika redskap och bearbetningssystem. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för mark och miljö. Rapporter från jordbearbetningen Nr 117.

Bernhardt, H., Götz, S., Heizinger, V., Zimmermann, N., Engelhardt, D. 2011. Energy consumption of agricultural transports and influencing factors. Technische Universität München – Agricultural Systems Engineering, Steinbeis University Berlin – Logistical Management.

DLG. 2005. John Deere Werke Mannheim – Agricultural Tractor John Deere 6820 AutoQuad Plus Ecoshift, Fuel Consumption during Transport Work. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. DLG-Test Center – Technology and Farm Inputs. [Viitattu 4.3.2013]. Saatavana: [http://www.dlg-test.de/pbdocs/5435F\\_e.pdf](http://www.dlg-test.de/pbdocs/5435F_e.pdf)

Energia-akatemia. 2009. Energia-akatemia hankkeen hankesuunnitelma.

Esala, J. 2012a. Kylvötöiden polttoaineenkulutus. Energia-akatemia hankkeen julkaisuja, Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 11.12.2012]. Saatavana: <http://www.energia-akate-mia.fi/attachments/article/59/02%20Kylvötöiden%20polttoaineen%20kulutus.pdf>

Esala, J. 2012b. Muokkaustöiden energiankulutus. Energia-akatemia hankkeen julkaisuja, Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 12.12.2012]. Saatavana: <http://www.energia-akate-mia.fi/attachments/article/59/01%20Muokkaustöiden%20polttoaineen%20kulutus.pdf>

Esala, J. 1981. Portaaton voimansiirto maataloustraktorissa, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto, Maatalousteknologian laitos, Helsinki: 73 s.

Fluck, 1985. RC Fluck; Energy sequestered in repairs and maintenance of agricultural machinery. Trans. ASAE, 28 (1985), 738-744.

- Fluck, R.C., Stout, B.A. 1992. Energy in Farm Production (Energy in World Agriculture). Elsevier Science: 1 Edition, 119-120.
- Handler, F., & Nadlinger, M. D 3.8 Strategies for saving fuel with tractors, Trainer handbook. Efficient 20.IEE/09/764/SI2.558250, Intelligent Energy Europe. [Viitattu 7.2.2013], 27 - 42. Saatavana: <http://efficient20.eu/files/2011/02/D3-8-Training-Handbook-Fuel-saving-measures.pdf>
- Hiironen, J. 2012. Peltotilujärjestelyn vaikutuksista ja kannattavuudesta. Väitöskirja. Aalto University publication series, Doctoral Dissertations 21/2012. Unigrafia Oy Helsinki. [Viitattu 5.2.2013], 13 -210. Saatavana: <http://lib.tkk.fi/Diss/>
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara. P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Helsinki University Press, s. 231-232.
- Jokiniemi, T., Rossner, H., Ahokas, J. 2012. Simple and cost effective method for fuel consumption measurements of agricultural machinery. Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue 1, 97-107.
- Koelsch, R.K. 1977. Agricultural Energy Management, Gear-up and Throttle-down to Save Fuel. Michigan State University Energy for Agriculture Series ENR. Cornell University.
- MacLean, H. Lave, L. 1998. A Life Cycle-Model of an Automobile. Life-Cycle Analysis. Departments of Engineering and Public Policy and Civil and Environmental Engineering. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213.
- Magnusson, M. 2004. Dragkraftsbehov och bearbetningsresultat för olika redskap och bearbetningssystem vid höstsådd. Swedish University of Agricultural Sciences. Meddelanden från Jordbearbetningsavdelningen 47.
- Mikkola, H & Ahokas, J. Energy ratios in Finnish agricultural production. Agricultural and Food Science, Vol 18. 2009, 332-346.
- Schäfer, W. 2011. Suomen maatalouden energiatase. Powerpoint-esitys, energia-akatemia hankkeen aloitusseminaari 28.2.2011. [Viitattu 3.1.2014]. Saatavana: [http://www.energia-akate-mia.fi/attachments/article/61/Suomen%20maatalouden%20energiatase\\_Schaefer%20Winfried\\_MTT.pdf](http://www.energia-akate-mia.fi/attachments/article/61/Suomen%20maatalouden%20energiatase_Schaefer%20Winfried_MTT.pdf)
- Serrano, J., Peca, J., Silva, M., Pinheiro, A., Carvalho, M. 2006. Tractor energy requirements in disc harrow systems. Research paper: PM – Power and Machinery. Engineering Department, University of Évora, ICAM, Núcleo da Mitra, Apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal.

Svejkovsky, C. 2007. Conserving Fuel on the Farm. A Publication of ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service.

Teinilä, T. 2009. Traktoreiden vaihteistot ja niiden tulevaisuus, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto, Agroteknologian laitos, Helsinki. [Viitattu 14.2.2013], 29-50.  
 Saatavana:  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/1975/9030/TRAKTOREIDEN%20VAIHTEISTOT%20JA%20NIIDEN%20TULEVAISUUS\\_valmis.pdf?sequence=3](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/1975/9030/TRAKTOREIDEN%20VAIHTEISTOT%20JA%20NIIDEN%20TULEVAISUUS_valmis.pdf?sequence=3)

Udompetaikul, V., Shrini, K., Vannucci, B. 2009. The Effect of Tire Inflation Pressure on Fuel Consumption of an Agricultural Tractor on a Paved Road. Biological and Agricultural Engineering Department, University of California, Davis. Center for Laboratory Animal Science, University of California, Davis. Presentation for 2009 ASABE meeting in Grand Sierra Resort and Casino Reno, Nevada. [Viitattu 7.2.2013], s. 8. Saatavana:  
<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=36249&t=2&redir=&redirType=>

Uppenkamp, N. 2006. DLG – Merkblatt 339, Deseleinsparung in der Landwirtschaft. Herausgegeben von der DLG e.V., Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Ausschuss für Technik in der Pflanzlichen Produktion. DLG e.V. (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft).

Valtra, Powerpoint-esitys: tuote-esittely. Virtuaali-info, opetusmaatilat. [Viitattu 20.2.2013]. Saatavana:  
[http://www.virtuaali.info/opetusmaatilat/1/file/etusivu/tuote\\_esittely.pdf](http://www.virtuaali.info/opetusmaatilat/1/file/etusivu/tuote_esittely.pdf)

Volk, L. 2004. Bodenschonung mit Reifenregler – Technik und Wirtschaftlichkeit. Fachhochschule Südwestfalen, Agrarwirtschaft Soest, Vortrag bei der DLG Wintertagung 2004, Berlin, 14.1.2004.